COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 FÉVRIER 1867.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. Duchartre, en faisant hommage à l'Académie de la seconde et dernière partie de ses *Éléments de Botanique*, s'exprime de la manière suivante :

« J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie la fin des *Éléments de Botanique* dont je lui avais présenté la première partie au mois de mai dernier. Je me suis efforcé, dans cet ouvrage, de résumer l'état actuel de la science et, pour employer une expression commode, fort usitée en Allemagne, sa littérature, sans dépasser ni les limites ni la portée d'un livre élémentaire; toutefois l'étude des végétaux, pour être tant soit peu complète, doit être faite à des points de vue tellement divers que, voulant en exposer les éléments, j'ai été amené à écrire un volume de plus de 1000 pages. Il était assez difficile de déterminer le niveau scientifique auquel devait être maintenu un travail qui semblait ne pouvoir être sans inconvénient ni trop superficiel ni trop approfondi; j'ai cru devoir prendre comme mesure à cet égard le programme de la licence ès sciences naturelles : toutefois, afin de justifier le titre d'*Éléments*, je me suis attaché à rendre mes exposés aussi simples, aussi clairs que cela m'était possible, et à procéder rigoureusement du connu à l'inconnu, en n'employant jamais une expression tech-

nique sans qu'elle eût été préalablement définie ou expliquée. De nombreuses figures, dessinées d'après nature par M. A Riocreux, avec le talent et l'exactitude que tous les botanistes apprécient en lui, facilitent l'intelligence des détails au sujet desquels une description laisserait toujours ou des lacunes ou du doute. L'ouvrage est divisé en trois parties inégales d'étendue : la première, consacrée à l'examen de l'organisation et de la vie des plantes, ne comprend pas moins de 760 pages; la seconde présente, en 246 pages, l'exposé des classifications et l'histoire des familles, parmi lesquelles j'ai étudié avec assez de développement celles des Cryptogames, afin de résumer les nombreux et importants travaux qui, dans ces dernières années, ont considérablement avancé nos connaissances sur la structure et la reproduction de ces végétaux inférieurs; la troisième partie, réduite à 24 pages, expose les notions fondamentales sur la Géographie botanique ou sur la distribution des végétaux à la surface de la terre. Le volume se termine par quatre tables dont deux, ne comprenant pas moins de 48 pages à deux colonnes, permettent de trouver, à toutes les pages, les noms de plantes ou groupes de plantes et les mots techniques dont il y est fait usage. »

PHYSIQUE. — *Sur la propriété que possède l'iodure d'argent de se contracter par la chaleur et de se dilater par le froid; par* **M. H. Fizeau.**

« En poursuivant les recherches dont j'ai plusieurs fois entretenu l'Académie, concernant les dilatations que les divers corps solides éprouvent par l'effet de la chaleur, j'ai été conduit à soumettre à l'observation et à comparer entre eux plusieurs composés appartenant au groupe bien connu des chlorures, bromures et iodures métalliques, dont les propriétés physiques et chimiques présentent, comme on le sait, de si grandes analogies. Il était à présumer que les phénomènes de dilatation étudiés sur ces divers corps se montreraient avec certains caractères communs propres à manifester de nouvelles analogies, et peut-être à jeter quelque lumière sur les lois et la théorie de cet ordre de phénomènes.

» Ces prévisions se sont réalisées d'une manière remarquable pour la plupart des substances appartenant au groupe en question. Ce sont notamment les chlorures de potassium, de sodium, d'ammonium et d'argent, les bromures de potassium et d'argent; enfin les iodures de potassium, de mercure, de plomb et de cadmium : tous ces corps offrent ce caractère commun, d'éprouver un accroissement de volume considérable par la cha-

leur, accroissement qui est même supérieur à celui des métaux les plus dilatables, comme le zinc et le plomb, et qui s'éloigne peu de celui de l'acide arsénieux (*Comptes rendus*, t. LXII). On trouvera plus loin les coefficients de dilatation de plusieurs de ces substances.

» Cependant, à la suite de tous ces corps, si remarquables par leur grande dilatabilité, est venue s'offrir une substance que sa composition et ses principaux caractères avaient toujours fait ranger dans le groupe précédent, et qui s'en sépare, au contraire, de la manière la plus tranchée sous le rapport de la dilatabilité; c'est l'iodure d'argent, substance bien connue par le rôle important qu'elle a joué dans l'invention de la photographie, et qui, sur 100 parties, renferme 54,02 d'iode et 45,98 d'argent.

» Non-seulement l'iodure d'argent ne possède pas la grande dilatabilité de ses congénères, mais encore il présente avec eux, sous ce rapport, un contraste aussi complet qu'inattendu. Il paraît résulter, en effet, de la manière la plus certaine, des épreuves variées auxquelles ce corps a été soumis, que l'iodure d'argent possède la propriété de se contracter ou de diminuer de volume lorsque la température s'élève, et de se dilater, au contraire, ou d'augmenter de volume, lorsque la température s'abaisse; le phénomène restant toujours parfaitement régulier et continu entre les limites de température de -10 et $+70$ degrés. Il convient de faire remarquer que l'iodure d'argent n'est fusible qu'à une température élevée (vers 400 degrés), en sorte que les effets en question ne peuvent être attribués aux irrégularités qui pourraient se produire dans le voisinage de la température correspondant au changement d'état de la substance. Les effets sont d'ailleurs bien constants et exactement inverses l'un de l'autre pendant l'échauffement et pendant le refroidissement.

» La dilatation de l'iodure d'argent doit donc être exprimée par un coefficient négatif, au moins pour tout l'intervalle de température compris entre -10 et $+70$ degrés. De plus, à mesure que la température s'élève entre ces limites, la valeur numérique du coefficient augmente notablement, en sorte que la contraction s'accroît de plus en plus.

» Les observations ont été faites par la méthode et avec l'instrument dont j'ai déjà entretenu l'Académie avec des détails suffisants (*Comptes rendus*, t. LXII). Je n'aurai donc ici qu'à rapporter les résultats principaux des expériences qui ont permis de constater l'existence du phénomène dont il s'agit.

» Les premières observations ont été faites avec de l'iodure d'argent préalablement fondu. On sait que ce composé s'obtient facilement dans un

grand état de pureté, en versant une dissolution d'iodure de potassium dans une dissolution d'azotate d'argent ; il se précipite alors sous la forme d'une poudre insoluble d'un jaune clair, noircissant lentement à la lumière. Pour obtenir la substance fondue, il suffit, après avoir lavé et séché l'iodure précipité, de le chauffer graduellement dans un creuset de porcelaine vernie, où il se colore de plus en plus en rouge brun, et fond enfin vers 400 degrés en un liquide brun foncé, doué d'une grande mobilité. La matière en fusion peut être coulée dans de petits moules en porcelaine chauffés à l'avance, dans lesquels elle se prend en une masse compacte, très-dense, souvent fendillée. La structure en est cristalline à grains fins, la dureté peu considérable, la consistance analogue à celle du chlorure d'argent, mais plus ferme. En se refroidissant, la matière a repris une teinte jaune semblable à celle de la cire et tournant parfois au verdâtre ou à l'orangé. Elle est presque inaltérable à la lumière. Un fragment réduit en poudre donne une couleur jaune clair très-pure. La masse peut être aisément taillée dans des sens divers, et les surfaces taillées sont susceptibles de prendre un très-beau poli, dont l'éclat le cède à peine à celui du diamant. La densité de l'iodure d'argent fondu est 5,687 à zéro, d'après M. H. Sainte-Claire Deville.

» L'iodure d'argent existe tout formé dans la nature. Reconnu d'abord par Vauquelin parmi des minéraux du Mexique, il a été trouvé depuis dans diverses localités, notamment à Chañarcillo (Chili), par M. Domeyko. Une analyse faite par M. Damour, sur un échantillon de cette dernière localité, a donné 54,03 d'iode et 45,72 d'argent.

» La forme cristalline de cette espèce minérale, considérée d'abord comme cubique, puis comme rhombique, a été définitivement reconnue par M. Des Cloizeaux en 1854, comme appartenant à un prisme hexagonal régulier, doué d'un clivage très-net suivant la base et terminé par une pyramide à six faces. La densité a été trouvée par M. Damour d'abord de 5,707, puis récemment, sur des échantillons très-purs, de 5,677 à 14 degrés.

» On sait que M. H. Sainte-Claire Deville est parvenu, dans ces derniers temps, à produire de beaux cristaux artificiels de cette substance, en plongeant une lame d'argent dans une dissolution hydriodique d'iodure de ce métal. Ces cristaux sont très-brillants, transparents et d'une teinte jaune de soufre pâle. Dès lors, l'étude de la substance, sous forme cristallisée, a pu être poussée plus loin qu'avec les cristaux naturels toujours très-petits et d'une grande rareté.

» La composition et la forme cristalline de ces cristaux artificiels sont identiques à celles des cristaux naturels, la densité presque la même : elle est de 5,669 à 14 degrés (M. Damour). Les propriétés optiques étudiées par M. Des Cloizeaux sont bien celles qui appartiennent à un cristal doué d'un seul axe optique et à double réfraction positive très-peu différente pour les deux rayons ; avec le microscope polarisant on observe, en effet, dans la direction de l'axe, la croix noire caractéristique et des anneaux très-larges. L'indice de réfraction du rayon ordinaire a été trouvé par cet habile observateur de 2,23 pour le jaune, l'indice extraordinaire est un peu plus grand, mais très-peu différent. Ce nombre s'accorde bien avec l'indice moyen de l'iodure amorphe que j'avais, d'après l'angle de polarisation, trouvé sensiblement égal à 2,246 (*Comptes rendus*, 1861, t. LII, p. 273). M. H. Sainte-Claire Deville avait obtenu par sa méthode plusieurs cristaux remarquables par leur volume ; un d'entre eux, du poids d'environ 3 grammes et déposé par lui à l'École des Mines, m'a été confié par notre savant confrère avec l'agrément des savants professeurs et directeur de l'École. C'est grâce à cette extrême obligeance qu'il m'a été possible d'analyser avec quelques détails et de suivre dans diverses directions du prisme hexagonal élémentaire les changements de longueur propres aux diverses dimensions du cristal.

» Je vais d'abord rapporter les résultats obtenus en observant des lingots d'iodure d'argent fondu, recuits à 100 degrés, après la solidification, pendant quatre heures : et afin de donner une idée précise de la marche des expériences et des calculs, je présenterai en détail les données numériques d'une observation complète.

» Un petit lingot d'environ 20 grammes a été taillé de manière à former un cylindre terminé par deux surfaces planes polies et parallèles entre elles ; l'épaisseur était $e = 13^{mm},685$; il a été posé sur le trépied en platine de l'appareil et recouvert du plan de verre supérieur portant les points fixes de repère. Un système de franges ou d'anneaux très-brillants a apparu à sa surface, lorsqu'on l'a éclairée avec la lumière jaune. La distance du plan de verre à la surface de l'iodure était $\varepsilon = 0^{mm},02$. Dans cet état, le trépied a été porté au centre de l'appareil, la lampe éclairante convenablement placée, et les deux étuves concentriques fermées. On voyait alors dans la première lunette de l'instrument, et à travers les deux glaces des étuves, la surface de l'iodure couverte de franges et les points de repère se projetant sur elles. Après plusieurs heures, l'équilibre de température étant bien établi, on a observé dans la deuxième lunette les deux thermomètres intérieurs ; la

température a été trouvée $t = 15°,506$; ensuite on a relevé par la première lunette la position de dix points de repère, en estimant les dixièmes de frange comptés à partir de l'anneau noir voisin extérieur ou le plus éloigné du centre des anneaux. Alors on a allumé les lampes destinées à chauffer l'appareil et, en regardant par la première lunette, on a vu les franges se mouvoir en se rapprochant du centre des anneaux, c'est-à-dire par un mouvement centripète (le sens de ce mouvement indique une substance se dilatant moins que le platine, le nombre des franges déplacées doit alors, dans les calculs, être pris avec le signe —). On a noté successivement chaque frange passant par un même point de repère, et le nombre des franges déplacées s'est trouvé presque exactement de 21, lorsqu'on a atteint la température maximum supérieure que les lampes pouvaient donner; le mouvement des franges étant sensiblement nul, on a laissé pendant plusieurs heures l'équilibre de température s'établir d'une manière complète. On a fait alors la seconde partie de l'observation, c'est-à-dire qu'on a relevé la position des dix points de repère, mais cette fois à partir de l'anneau voisin intérieur ou le plus rapproché du centre; enfin la température a été trouvée $t' = 59°,71$. La moyenne des dix fractions de frange résultant des excursions maxima et minima apparentes des dix points de repère a donné 0,94.

» On a donc en réalité pour le nombre de franges déplacées $f = -20^f,94$. La différence des températures qui a produit cet effet est $t' - t = 44°,204$. Le degré moyen $\frac{t'+t}{2}$ ou $\theta = 37°,61$.

» Pour ce degré moyen, le coefficient de dilatation des vis du trépied de platine est (*Comptes rendus*, t. LXII)

$$\alpha'_\theta = +0,00000882.06$$

La longueur d'onde de la lumière jaune du sodium étant d'ailleurs $\lambda = 0^{mm},0005888$, on tire de ces éléments numériques la valeur de la dilatation linéaire de la substance pour 1 degré situé au point $\theta = 37°,61$ de l'échelle centigrade au moyen de la formule

$$\alpha_\theta = \frac{\frac{f\lambda}{2} + \alpha'_\theta[(e+\varepsilon)(t'-t)]}{e(t'-t)}.$$

Les calculs étant effectués, le coefficient de dilatation de l'iodure d'argent qui résulte de l'observation précédente est

$$\alpha = -0,00000135.7$$

» Cinq observations semblables à celle que je viens de rapporter ont été faites avec des changements de température et des degrés moyens différents. En voici le résultat :

$t'-t$	θ	α
15°,782	23°,40	—0,00000111.7
27,387	29,20	—0,00000122.2
26,818	29,48	—0,00000115.1
44,204	37,61	—0,00000135.7
16,817	51,30	—0,00000157.8

» Les quatre observations suivantes ont été faites avec le même lingot taillé dans une direction rectangulaire avec la précédente : elles montrent que le phénomène de la contraction ne doit pas être attribué à une orientation générale de particules cristallines, qui ne se contracteraient que dans certaines directions :

$t'-t$	θ	α
16°,537	15°,68	—0,00000109.5
22,337	18,63	—0,00000099 1
43,780	29,35	—0,00000126.2
36,298	42,09	—0,00000144.4

» Enfin deux dernières observations ont porté sur un autre lingot plus petit :

$t'-t$	θ	α
17°,205	24°,43	—0,00000122.5
24,964	45,51	—0,00000134.1

» Ces onze déterminations donnent constamment un coefficient négatif et font voir en outre que la contraction est sensiblement plus forte à mesure que l'on considère des température plus élevées.

» On les a réduites, comme cela a été fait pour les substances précédemment étudiées, au degré moyen $\theta = 40$ degrés, lequel représente à peu près la température moyenne des observations et le point où l'exactitude doit avoir été la plus grande. La variation du coefficient $\frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta}$ est calculée en divisant la différence des coefficients par la différence des degrés moyens correspondants ; sa leur est assez incertaine, puisque les erreurs d'observation ont une influence considérable sur les différences qui servent à la calculer.

» En résumé, ces mesures conduisent à la valeur suivante pour le coeffi-

cient négatif de dilatation linéaire de l'iodure d'argent fondu pour 1 degré :

$$\alpha^{\text{lin.}}_{\theta=40} = -0{,}0000139 \qquad \frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta} = -1.4$$

» La valeur de cette contraction, qui est environ de $\frac{1}{7000}$ pour 100 degrés, correspond à peu près à $\frac{1}{6}$ de la dilatation du platine : c'est donc une quantité qui m'a paru pouvoir être mise en évidence par le moyen bien connu du comparateur à levier. Et en effet un lingot cylindrique d'iodure d'argent de 23 millimètres de longueur, étant préalablement échauffé vers 50 degrés, et placé de suite dans un comparateur très-sensible, a manifesté par le refroidissement un accroissement de longueur évident; tandis que refroidi d'abord dans un mélange refrigérant vers — 10 degrés, puis placé froid dans le comparateur, il s'est réchauffé peu à peu jusqu'à la température ambiante, en faisant marcher l'aiguille de l'instrument d'une petite quantité dans la direction opposée à la précédente : il y avait donc une diminution de longueur dans la substance pendant l'échauffement (1).

» On n'a pas cru inutile de rechercher en outre si cette étrange propriété n'existerait peut-être que d'une manière passagère dans l'iodure nouvellement fondu. Pour cela, un lingot observé d'abord le 19 janvier, puis soumis ensuite à de nombreuses alternatives d'échauffement et de refroidissement pendant quinze jours, a été repris le 21 février, recuit une seconde fois à 100 degrés pendant plusieurs heures, puis placé de nouveau sur le

---

(1) Si le phénomène observé s'étend en suivant la même loi de variation au-dessus et au-dessous des limites de température entre lesquelles il a été constaté, il en résulte des conséquences intéressantes que je ne puis développer ici; je ferai remarquer cependant que dans cette hypothèse, l'iodure d'argent paraît devoir présenter vers 60 degrés au-dessous de zéro un maximum de volume, c'est-à-dire un minimum de densité. J'ajouterai que le phénomène de contraction par la chaleur, que j'avais présumé devoir exister à de basses températures dans l'émeraude, le protoxyde de cuivre et le diamant, paraîtra désormais moins paradoxal. On a cité, à cette occasion, plusieurs faits qui ne me semblent pas devoir être rapportés à cet ordre de phénomènes : d'abord la contraction des cylindres d'argile dans le pyromètre de Wedgwood; c'est un simple phénomène de retrait permanent par dessiccation ou par fusion incomplète des éléments de l'argile à de hautes températures, mais en réalité l'argile se dilate par la chaleur comme les autres corps. En second lieu, le bismuth présente bien une contraction au moment de la fusion, mais c'est un phénomène dépendant du changement d'état, et en réalité le bismuth possède un coefficient de dilatation positif et bien supérieur à celui du platine. Enfin le caoutchouc montre bien des phénomènes fort curieux de chaleur et de froid, lorsque son élasticité de forme est mise en jeu, mais il possède en réalité une dilatation positive très-considérable et supérieure même à celle de l'acide arsénieux et du sel gemme, c'est-à-dire plus grande que celle de tous les métaux.

trépied. Or, il se contractait encore, comme dans la première observation, et précisément de la même quantité pour une même élévation de température.

» J'ai maintenant à rendre compte des observations relatives à l'iodure d'argent cristallisé. Les expériences ont été faites avec le cristal artificiel si remarquable dont j'ai parlé plus haut, et qui avait été obtenu par M. H. Sainte-Claire Deville.

» En présence des résultats observés sur l'iodure fondu, formé manifestement d'une agglomération de particules cristallines orientées dans toutes les directions, on comprend tout l'intérêt que présentait l'examen de cristaux isolés de la même substance. Appartenant en effet au système hexagonal, c'est-à-dire à un système doué d'un axe principal de symétrie, ces cristaux devaient présenter deux dilatations principales différentes, l'une suivant l'axe de symétrie, l'autre suivant les directions normales à cet axe; et l'on pouvait penser que la dilatation moyenne, celle qui s'observe suivant l'angle de 54°44′ avec l'axe, devait être peu différente de celle de la même substance fondue, ou tout au moins présenter un phénomène du même ordre. Voici les résultats des observations :

» 1° Suivant la direction de l'axe du cristal, direction bien déterminée par la normale au plan de clivage très-apparent dans cette substance, on observe une contraction par la chaleur ou une dilatation négative très-considérable, et un accroissement très-marqué du phénomène avec l'élévation de la température. Huit observations complètes faites avec une épaisseur du cristal de $6^{mm},609$ fournissent les deux constantes suivantes :

Première direction (suivant l'axe).

$$\alpha_{\theta=40} = -0,00000396.6 \quad \frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta} = -4.27$$

» 2° Normalement à l'axe du cristal; cette direction n'a pu être obtenue avec la même exactitude que la précédente; des mesures prises au goniomètre ont montré que la première était exacte à 3 minutes près, tandis que la seconde différait de 37 minutes de la véritable normale. Cependant le calcul a fait voir que cette différence n'exerçait sur la valeur du coefficient cherché qu'une influence inférieure aux erreurs d'observation.

» Dans cette direction, on a reconnu l'existence d'une dilatation positive, très-faible il est vrai, mais bien certaine. Neuf observations un peu moins concordantes que les précédentes, par suite d'imperfections dans la partie du cristal observé, conduisent aux valeurs suivantes :

Deuxième direction (normalement à l'axe).

$$\alpha'_{\theta=40} = +0,00000064.7 \quad \frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta} = +1.38$$

De ces valeurs des deux dilatations principales, on conclut pour la dilatation linéaire moyenne du cristal $\alpha'' = \frac{2\alpha' + \alpha}{3}$,

$$\alpha''_{\theta=40} = -0,00000089.1 \quad \frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta} = -0.503$$

On a cherché enfin à contrôler ce résultat par des mesures prises suivant une direction très-voisine de celle de 54°44′ avec l'axe. Le cristal, par sa forme et par certaines imperfections singulières de sa structure, a contribué à rendre ces déterminations peu certaines; mais ce qu'on a pu observer de concluant s'accorde bien avec la dilatation moyenne déduite des deux dilatations principales directement déterminées. Toutes les valeurs ont encore été trouvées négatives et fournissent la valeur approchée

$$\alpha_{\theta=40} = -0,00000093$$

La propriété de se contracter par l'élévation de température, déjà reconnue dans l'iodure d'argent fondu, se manifeste donc aussi avec évidence dans l'iodure cristallisé, et l'on voit de plus que le signe de la variation du coefficient est le même dans l'une et l'autre circonstance. Les valeurs numériques de la contraction sont, il est vrai, assez différentes, mais les observations relatives à l'iodure cristallisé n'ayant pu être faites que sur un seul cristal dont la forme se prêtait difficilement aux expériences, et dont certains accidents de structure peuvent avoir exercé quelque influence sur les déterminations, je ne crois pas que l'on puisse regarder encore comme bien sûre la différence qui s'est manifestée suivant l'état de la substance. De nouvelles observations sur d'autres cristaux pourront seules décider la question.

» Mais cette réserve étant faite, je crois pouvoir présenter l'ensemble de ces observations, comme démontrant avec une pleine évidence la nouvelle propriété de l'iodure d'argent que j'ai cherché à établir.

» Je donnerai, en terminant, les coefficients de dilatation de plusieurs chlorures, bromures et iodures dont il a été question dans ce travail. Ces valeurs sont rapportées au degré moyen $\theta = 40$.

» Chlorure de potassium (cubique) :

$$\alpha = +0,00003802.6 \quad \frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta} = + \ 5.15$$

» Sel gemme (cubique) :

$$\alpha = +0,00004039.0 \quad \frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta} = + \ 4.49$$

» Sel ammoniac (cubique) :

$$\alpha = +0,00006254.6 \quad \frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta} = +29.75$$

» Chlorure d'argent (cubique) :

$$\alpha = +0,00003293.8 \quad \frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta} = +12.23$$

» Bromure de potassium (cubique) :

$$\alpha = +0,00004200.7 \quad \frac{\alpha\Delta}{\Delta\theta} = + \ 9.78$$

» Bromure d'argent (cubique) :

$$\alpha = +0,00003468.7 \quad \frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta} = + \ 3.83$$

» Iodure de potassium (cubique) :

$$\alpha = +0,00004265.3 \quad \frac{\Delta\alpha}{\Delta\theta} = +16.76$$

» Iodure de mercure fondu (carré).

» Iodure de plomb fondu (hexagonal).

» Iodure de cadmium fondu (hexagonal).

» Les expériences relatives à ces trois derniers iodures ne sont pas terminées : on a pu s'assurer seulement que leurs coefficients sont positifs, très-grands, et compris entre celui du chlorure d'argent et celui du sel gemme. »

CHIMIE. — *Sur les propriétés de l'iodure d'argent; par* **M. H. Sainte-Claire Deville.**

« Pendant que mon savant confrère M. Fizeau exécutait le beau travail dont il vient de faire la lecture, il voulait bien m'en communiquer les résultats les plus importants et, je dois dire, les plus inattendus.

» Ayant eu souvent l'occasion d'étudier les propriétés des iodures métalliques et en particulier de l'iodure d'argent, je me trouvais bien préparé pour profiter des indications précieuses que me fournissait si amicalement M. Fizeau.

» Je demande à l'Académie la permission de rappeler à ce propos quelques faits que j'ai déjà publiés dans les *Comptes rendus*, et d'en exposer quelques autres qui sont nouveaux et qui se rattachent à l'histoire désormais si intéressante de l'iodure d'argent.

» L'acide iodhydrique, surtout lorsqu'il est concentré et légèrement chauffé, attaque l'argent et le dissout en dégageant de l'hydrogène avec une telle énergie, que souvent le liquide est entraîné au dehors du vase où l'on fait l'expérience. Il se produit d'abord de l'iodhydrate d'iodure d'argent (IH, IAg) cristallisable. C'est en mettant la dissolution de ce sel acide au contact de l'argent en feuilles, ou au contact de l'air qui oxyde peu à peu l'acide iodhydrique, qu'on obtient, avec une facilité merveilleuse, les beaux échantillons d'iodure d'argent que j'ai eu la bonne fortune de procurer à M. Fizeau.

» Si on verse de l'acide iodhydrique concentré sur du chlorure d'argent sec, celui-ci s'échauffe comme de la chaux qu'on éteint. Il se dégage de l'acide chlorhydrique, et l'iodure d'argent ainsi produit peut être dissous dans un excès d'acide iodhydrique et servir à la préparation de l'iodure d'argent cristallisé. L'acide iodhydrique décompose aussi le bromure d'argent, et l'acide bromhydrique forme du bromure lorsqu'on le met en contact avec le chlorure d'argent.

» Ces propriétés singulières ne sont pas les seules à noter. Lorsque l'on met de l'iodure d'argent fondu en présence d'un globule de mercure et d'un liquide conducteur comme l'acide chlorhydrique ou l'iodure de potassium, le globule de mercure se transforme peu à peu en amalgame, qu'on peut évaporer et qui laisse un résidu considérable d'argent.

» Par contre, si on introduit une dissolution d'iodure de mercure dans l'iodure de potassium avec des lames d'argent dans un tube fermé à la lampe qu'on chauffe chaque jour à 100 degrés, en le laissant refroidir ensuite, on obtient peu à peu une abondante cristallisation d'iodure d'argent hexagonal, puis de l'amalgame d'argent sous les formes régulières qu'on lui connaît, et enfin des globules de mercure argentifère. Je ne sais pas si, en continuant cette opération, commencée il y a près d'un an, pendant plusieurs années, on obtiendrait une précipitation complète du mercure (1).

---

(1) Ce résultat appartient à un travail que nous avons commencé depuis trois ans, M. Debray et moi. Chaque jour, nos tubes, en très-grand nombre, contenant des mélanges variés de toute manière, sont soumis à l'action de l'eau bouillante dans un appareil spécial, et déjà ils nous donnent de très-beaux produits cristallisés et de nombreux minéraux artificiels dont

» Si on chauffe dans un petit ballon de l'iodure de mercure parfaitement pur, que, sans le décomposer, on le mette en vapeur, et qu'on y plonge une lame d'argent, celle-ci, dès qu'elle a atteint la température de la vapeur, disparaît avec une grande rapidité, développe manifestement de la chaleur et se transforme en iodure d'argent, pendant qu'on recueille du mercure condensé sur les parties froides de l'appareil.

» Tous ces phénomènes sont en contradiction, au moins apparente, avec les idées que l'on se forme habituellement de ce qu'on appelle les affinités de l'argent, du mercure, de l'iode et de l'acide iodhydrique. Ils servent à donner encore plus de relief au fait important découvert par M. Fizeau.

» Ces anomalies se continuent encore dans les propriétés physiques de l'iodure d'argent. En effet, j'ai pris avec tout le soin possible les densités à zéro de l'iodure d'argent précipité et amorphe, de l'iodure fondu et de l'iodure cristallisé, et je trouve des nombres absolument différents de ceux que les travaux de mon frère sur les densités d'un grand nombre de matières fondues et cristallisées devaient faire pressentir naturellement. L'iodure précipité a pour densité 5,807, l'iodure fondu 5,687.

» Deux échantillons d'iodure cristallisé, l'un dont les cristaux, petits et indistincts, me laissent quelque doute sur son véritable état physique, l'autre très-beau, mais dont je ne possède que de petites quantités, m'ont donné à zéro, le premier 5,544 et l'autre 5,470 (1). J'adopterai de préférence le chiffre de M. Damour, dont l'habileté proverbiale me met à l'abri de toute critique. L'iodure sur lequel il a opéré possède une densité 5,665.

» L'iodure amorphe est donc ainsi plus dense que l'iodure fondu et celui-ci plus dense que l'iodure cristallisé.

» Si on calcule par la formule

$$\frac{(a+b)\,dd'}{ad'+da'} = \mathrm{D}$$

la densité moyenne des éléments (l'inverse du volume atomique), on trouve, en remplaçant a et b par les équivalents de l'iode et de l'argent, d et d' par les densités de ces deux corps : $\mathrm{D} = 6,527$. Les contractions

$$\mathrm{C} = 1 - \frac{\mathrm{D}}{\Delta},$$

---

nous ferons bientôt la description dans un Mémoire que nous soumettrons à l'Académie. Je profite de cette occasion pour prendre date en notre nom commun.

(1) Le volume de ce dernier n'était que de $0^{cc},917$. La correction due à l'air déplacé atteignait déjà le second chiffre décimal.

qu'on obtient en remplaçant successivement Δ par les densités de l'iodure d'argent amorphe, fondu et cristallisé, prennent ici des valeurs négatives.

Pour l'iodure amorphe........	$C = -0,124$
Pour l'iodure fondu...........	$C = -0,145$
Pour l'iodure cristallisé........	$C = -0,148$

» Maintenant je désire faire voir comment ces observations trouvent dans les déterminations de M. Fizeau une explication toute simple et leur servent de confirmation éclatante.

» Je suppose que je prenne deux prismes de même hauteur, à base rectangle, les surfaces de ces deux bases étant entre elles comme 127 pour l'iode et 108 pour l'argent, ou comme les équivalents des deux corps simples et que je les place dans un vase de même forme et dénué de chaleur spécifique. Si on détermine la combinaison sur un point, et que le phénomène se propage dans toute la masse, la température s'élèvera de zéro, qui est la température initiale, jusqu'à t degré. L'expérience m'apprend que dans un très-grand nombre de cas le volume du composé, pris à la température t que développe la combinaison, est très-peu différent de la somme des volumes des composants (1). Si l'iodure d'argent se comportait à la manière ordinaire, en se refroidissant de t degrés à zéro, son volume diminuerait; il s'enfoncerait dans cette lingotière, où je le suppose enfermé et revenu à zéro. Sa densité Δ, plus grande alors que D, nous donnerait la mesure de sa contraction de t degrés à zéro (2). Mais il n'en est pas ainsi : la densité observée Δ est plus petite que D la densité moyenne des éléments, de sorte que, pour passer de t degrés à zéro, l'iodure formé va se dilater, sortir de la lingotière et peut-être la briser en se refroidissant. C'est là un phénomène qui est la conséquence nécessaire des observations faites par M. Fizeau pendant la fusion et la coulée de ses échantillons.

» Ce phénomène d'une contraction négative dans l'iodure d'argent devient aussi une conséquence nécessaire du coefficient de dilatation négatif découvert par M. Fizeau. »

---

(1) Dans ce cas, la température t peut se calculer par la formule

$$t = \frac{D - \Delta}{k},$$

k étant le coefficient de dilatation entre zéro et une température suffisamment rapprochée de t.

(2) Comme vient de le faire voir M. Fizeau, le chlorure d'argent se dilate par la chaleur, et aussi la contraction du chlorure d'argent $1 - \frac{D}{\Delta} = 0,270$ est positive.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Note sur un thermomètre électrique enregistreur;* *par* **M. le Général Morin.**

« L'appareil que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie a pour but de fournir à un observateur une indication permanente des variations de la température d'un lieu déterminé, ou de l'atmosphère, à des intervalles de temps équidistants et aussi rapprochés les uns des autres qu'on peut le désirer, de quinze en quinze minutes par exemple.

» Il se compose d'un thermomètre électro-magnétique, analogue à celui de notre savant confrère, M. Becquerel, qui en a fait un si heureux usage. Celui-ci est formé de 30 tiges de maillechort et de fer, rangées parallèlement les unes aux autres et séparément dans des rainures pratiquées à la surface d'un cylindre en bois de $0^{m},045$ de diamètre.

» Les extrémités de ces tiges dépassent de $0^{m},022$ celles du noyau en bois, et sont soudées à l'étain, les unes aux autres, par leurs extrémités alternatives.

» Ces tiges forment ainsi 15 éléments de pile, et leur nombre dépend de l'intensité que l'on se propose de donner au courant électrique qui s'établit dans l'instrument, lorsque ses deux extrémités sont à des températures différentes.

» Ce courant circule à travers les deux bobines d'un multiplicateur ordinaire, au centre duquel se trouve une aiguille aimantée, librement suspendue à un fil du cocon de soie.

» En donnant à l'ensemble de l'instrument une position convenable, cette aiguille peut être d'abord amenée à se trouver dans le plan du méridien magnétique, ce qui l'établit dans sa position moyenne ou initiale.

» Son arbre, prolongé en dessous, porte une autre aiguille indicatrice, en cuivre, équilibrée, et qui est destinée à fournir la trace des déviations de la première.

» A cet effet, sous la seconde aiguille et horizontalement, se trouve un disque annulaire de $0^{m},20$ de diamètre, qui porte une feuille de papier et est monté sur un arbre vertical doué d'un mouvement régulier de rotation, qui lui est communiqué par un moteur chronométrique à pendule compensateur et à cadran indicateur des heures. Mais, outre ce mouvement de rotation, le disque et la feuille de papier qu'il porte reçoivent périodiquement, de quinze en quinze minutes, un mouvement d'ascension et un mouvement de descente verticaux, dont le premier leur est communiqué

par l'échappement d'une came qui rend libre un contre-poids, et dont le second relève ensuite ce contre-poids. Ces deux mouvements sont déterminés par le ressort d'un barillet spécial.

» Il résulte de cette disposition que, toutes les quinze minutes, la feuille de papier se soulève, se rapproche de l'aiguille indicatrice, rencontre une pointe que celle-ci porte en dessous et pousse de bas en haut cette aiguille, qu'arrête, dans ce mouvement, un arc de cercle fixe disposé au-dessus.

» La pointe perce alors le papier et y laisse la trace de l'inclinaison de la position de l'aiguille aimantée, à cet instant; puis le disque, en redescendant, dégage la pointe et rend aux aiguilles, un moment arrêtées, la liberté de leurs oscillations.

» On obtient donc ainsi, de quinze en quinze minutes, sur la feuille de papier, une indication de la déviation de l'aiguille aimantée, et la suite des points ainsi marqués fournit une courbe qui fait connaître la marche relative des températures des deux extrémités du thermomètre électrique.

» Si l'on a fait préalablement marquer sur le papier la position constante des aiguilles, lorsque le courant électrique n'était pas établi, la courbe obtenue alors a été un cercle qui donne le zéro de déviations de l'aiguille ou des différences de température des extrémités. Lorsque l'une de ces extrémités est maintenue à une température constante, celle de la glace fondante, par exemple, la déviation de l'aiguille indique la température du milieu dans lequel l'autre est plongée.

» Sans entrer dans plus de détails sur la construction de cet appareil, nous ferons remarquer que la grande sensibilité et la mobilité de l'aiguille ne permettent d'obtenir des indications continues qu'à la condition qu'il sera placé dans un lieu à l'abri des trépidations.

» Il est même, à cet effet, indispensable, dans tous les cas, que l'instrument soit renfermé dans une double cage où les courants d'air n'aient pas d'accès.

» Quand ces conditions sont satisfaites et que les températures des deux extrémités varient par degrés réguliers, la courbe formée par les piqûres de l'aiguille indicatrice présente une assez grande continuité; mais lorsque, par la nature des observations à faire, l'une des deux extrémités du thermomètre ou toutes les deux sont nécessairement exposées à l'air libre ou dans des courants d'air dont la température, incessamment variable par l'effet des ondulations, détermine dans les déviations de l'aiguille des oscillations à peu près continuelles, la courbe en porte les indications et présente des sinuosités brusques.

» En rétablissant par un tracé la continuité de la marche de ces indications, on n'en peut pas moins déduire la loi générale de la variation des températures.

» *Tare de l'instrument.* — Pour déterminer la relation qui s'établit dans chaque cas entre les déviations angulaires de l'aiguille aimantée et les différences de température des extrémités du thermomètre, il faut faire des observations préalables qui constituent la tare de l'instrument.

» A cet effet, après plusieurs essais peu favorables faits à l'air libre et dans un courant d'air chaud, nous avons opéré de la manière suivante : Les deux extrémités du thermomètre ont été introduites dans deux vases en zinc, dont l'un était rempli d'eau maintenue à la température de la glace fondante, et dont l'autre recevait de l'eau chaude, dont on déterminait la température initiale et successivement décroissante. Pour éviter les effets de l'immersion directe du faisceau de fils métalliques dans l'eau, qui aurait réduit l'intensité du courant électrique à celle d'un seul élément, on faisait pénétrer les deux extrémités du thermomètre dans une sorte de tuyau intérieur, clos du côté de la paroi. L'entrée de ce tuyau était calfeutrée avec du coton pour éviter la communication avec l'air extérieur, tandis que l'intérieur du tuyau, ainsi que l'extrémité du thermomètre, prenait promptement la température de l'eau du vase correspondant. Des thermomètres placés dans l'intérieur des deux tuyaux et comparés à d'autres plongés dans l'eau servaient d'ailleurs à constater les températures réelles des extrémités du thermomètre.

» Le mouvement de l'aiguille aimantée étant angulaire, il convenait d'en mesurer l'amplitude par la longueur des arcs décrits par la pointe indicatrice. C'est ce qu'il était facile de faire, au moyen d'un gabarit circulaire servant à tracer les arcs correspondants à chaque point, à l'aide de leur rayon connu et de la circonférence sur laquelle leur centre devait toujours se trouver.

» *Sensibilité de l'instrument.* — Le but que je me proposais d'atteindre à l'aide de cet instrument était simplement, à l'origine, de constater à chaque instant du jour et de la nuit, dans une cheminée de ventilation, l'excès de la température intérieure sur la température extérieure, excès qui, comme on le sait, doit être constant pour que le mouvement de l'air le soit aussi.

» On comprend de suite qu'un pareil instrument, placé dans le cabinet d'un directeur d'hôpital, pourrait lui permettre, à la simple inspection des

courbes, de reconnaître si, à toute heure, le service de la ventilation marche régulièrement; mais je crois que l'anémomètre totalisateur, dont j'ai entretenu déjà l'Académie, suffit pour cet objet, et qu'il est d'un usage plus commode, quoiqu'il exige l'emploi d'une pile.

» L'excès de température devant peu s'éloigner de 20 à 25 degrés, par exemple, dans la plupart des cas, et une très-grande précision n'étant pas nécessaire dans son évaluation, j'ai été conduit à restreindre beaucoup la sensibilité de l'aiguille; aussi, dans les expériences de tare qui ont été faites en vue du résultat cherché, les déviations ou les arcs décrits par la pointe indicatrice n'ont pas habituellement excédé $0^{mm},4$ à $0^{mm},5$ pour chaque degré de différence de température entre les extrémités du thermomètre électrique.

» Mais il est évident qu'en employant des aiguilles plus sensibles et de plus grandes dimensions ou en multipliant les éléments, on pourra augmenter dans une proportion considérable la sensibilité de l'instrument.

» J'en ai dit assez, sans doute, pour bien faire comprendre le jeu et la disposition du thermomètre électrique enregistreur que je présente à l'Académie, et je serais heureux qu'entre les mains de physiciens habiles il pût devenir un instrument utile au progrès des sciences, et en particulier à la météorologie.

» En terminant cette Note, je dois déclarer que j'ai emprunté l'idée d'obtenir une trace des déviations de l'aiguille aimantée de M. David Napier, habile ingénieur anglais, qui a présenté en 1851 à l'Exposition universelle de Londres une boussole destinée à enregistrer, par un moyen semblable, les circonstances de la marche d'un navire, et dont un modèle avait été acheté par mes soins pour les collections du Conservatoire, où elle existe depuis cette époque.

» La construction de l'appareil qui est mis sous les yeux de l'Académie est l'œuvre de M. Hardy, dont les physiciens connaissent l'habileté. »

PHYSIQUE. — *Sur les changements de température produits par le mélange des liquides de nature différente; par* **MM. Bussy** *et* **Buignet**. (Deuxième Mémoire.)

« Dans nos précédentes recherches, nous avons montré que le mélange des liquides qui se dissolvent est toujours accompagné d'un changement de température. Comme ce changement coïncide en général avec une variation de volume, on est naturellement disposé à établir entre les deux phé-

nomènes une relation de cause à effet, c'est-à-dire à attribuer les variations de température à la contraction ou à la dilatation qu'éprouvent les corps pendant leur mélange.

» Sans méconnaître l'influence que le rapprochement ou l'écartement des molécules doit avoir nécessairement sur les phénomènes thermiques en général, il est facile de constater cependant que, dans beaucoup de cas, ils sont insuffisants à les expliquer. Quelquefois même les changements de volume et les changements de température se manifestent dans des sens différents. C'est ainsi que, dans le mélange de l'eau avec l'acide cyanhydrique et dans plusieurs autres que nous avons signalés, on observe en même temps une contraction de volume considérable et un très-grand abaissement de température.

» Comme la condensation des éléments ne peut par elle-même produire qu'une élévation de température, nous avons admis qu'il y avait simultanément une absorption de chaleur due à la diffusion des deux liquides l'un dans l'autre.

» L'expression de *diffusion* dont nous nous sommes servis n'est pas nouvelle dans la science : elle y existe déjà dans le sens général que nous lui avons donné. Nous avons rappelé dans notre précédent Mémoire que, dès 1851, M. Person (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXIII, p. 453) avait observé que le froid produit quand on dissout un sel n'est pas dû au simple passage de l'état solide à l'état liquide, mais qu'une autre partie, quelquefois plus considérable que la première, est employée à subdiviser les molécules du sel et à les étendre dans une plus grande quantité d'eau. M. Person admettait ainsi, pour les sels, une chaleur latente de diffusion ou de dissolution.

» En 1860, M. Favre (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. L, p. 1150, et t. LI, p. 316), dans une série de recherches sur l'affinité chimique, qui lui ont mérité a cette époque les encouragements de l'Académie dont il est aujourd'hui Correspondant, a cherché à étudier, au moyen d'un appareil calorimétrique qui lui est propre, les phénomènes calorifiques produits par la réaction de l'eau et de l'alcool sur diverses substances. Celles qui font l'objet de ces études sont : la glycérine, les carbonates de potasse et de soude, les azotates de potasse, de soude, d'ammoniaque, de baryte, de strontiane; différents chlorures, bromures, iodures; les acétates de potasse et de soude.

» La conclusion de ce travail qui se rapporte le plus spécialement à l'objet de nos recherches est celle-ci : « Deux ordres d'action semblent se

» produire simultanément et marcher de front : une action d'attraction » réciproque des molécules hétérogènes qui sont mises en contact, et qui » est accompagnée d'un dégagement de chaleur, et une action de diffusion » qui produit un abaissement de température. Le nombre fourni par l'ex- » périence est positif ou négatif, suivant que la première ou la seconde de » ces actions prédomine. Ainsi, lorsqu'on emploie l'alcool comme dissol- » vant, c'est le phénomène de diffusion qui semble l'emporter presque » toujours. »

» A peu près à la même époque (*Comptes rendus*, t. L, p. 534 et 584), notre confrère M. Henri Sainte-Claire Deville, auquel la science doit de si ingénieuses recherches sur la dissociation des composés chimiques, a essayé, au cours de ses expériences, et en se basant exclusivement sur des considérations empruntées à la théorie mécanique de la chaleur, de déterminer la quantité de chaleur produite dans les combinaisons chimiques. Il admet que, lorsque deux liquides, l'acide sulfurique et l'eau par exemple, donnent lieu, par leur mélange, à une élévation de température, il suffit, pour calculer la chaleur dégagée, de connaître la contraction qu'éprouve le volume des deux liquides et le coefficient de dilatation de leur mélange. Mais lorsqu'on effectue le calcul indiqué par la théorie, on observe, ainsi que le fait remarquer M. Henri Deville, un écart considérable entre le résultat calculé et celui que donne l'expérience. Cette différence, ou, plus exactement, ce déficit accusé par l'expérience, est attribué, par M. Henri Deville, à une perte de force vive. « De même, dit-il, que dans les ma- » chines il y a des pertes de force vive, de même dans les combinaisons » chimiques il y a des pertes de force vive ou de température qu'on peut » calculer avec la règle que j'ai donnée ci-dessus. C'est de la chaleur » perdue ou plutôt rendue latente en vertu de causes tout à fait incon- » nues. Ainsi, la dissolution est une cause de froid, non-seulement lors- » qu'elle s'effectue entre un liquide et un solide qui se liquéfie, mais » encore entre deux liquides qui se dissolvent, ou même, comme l'a » démontré M. Person, entre une dissolution déjà faite et l'eau dont on » l'étend. »

» Dans un travail plus récent, et postérieurement à notre précédent Mémoire, M. Favre a publié (*Comptes rendus*, t. LIX, p. 783) le résultat d'expériences ayant pour objet l'action de l'eau et de l'alcool sur les alcools *méthylique*, *amylique*, *caprylique*, le *glycol* et la *glycérine*, expériences desquelles il résulte que, dans ces divers mélanges, il y a pour les uns pro-

duction de froid, pour les autres production de chaleur, suivant que l'effet dû à la diffusion ou à l'affinité est prédominant.

» Les travaux que nous venons de rappeler tendent donc, comme on le voit, à prouver que dans la combinaison des corps, il y a non-seulement production de chaleur due à l'affinité, mais aussi des pertes qui sont attribuées à la dissémination des molécules, à leur diffusion.

» Nos expériences apportent un nouvel appui à cette manière d'interpréter les faits; mais ce qu'elles nous paraissent offrir de particulier, c'est qu'elles donnent une démonstration directe et précise d'une absorption de chaleur qui ne peut être rapportée à aucune des causes jusqu'ici étudiées. Elles montrent deux ordres d'action dans le même mélange, et permettent, dans certains cas, de faire prédominer l'un des deux effets sur l'autre, de manière à mettre en évidence à volonté soit la chaleur, soit le froid produit. Ainsi, par le mélange de l'alcool et du chloroforme en proportions variées, nous avons montré qu'on peut obtenir tantôt un abaissement, tantôt une élévation de température, soit même successivement les deux effets opposés.

» De plus, nos expériences étant faites sur des liquides exempts de tout corps en dissolution, sur des liquides n'ayant les uns pour les autres que de faibles affinités, les effets dus à la diffusion y sont moins influencés par les causes perturbatrices qui pourraient résulter, soit des changements d'état, soit de la formation de composés à proportions définies. Elles autorisent ainsi à penser que le fait seul de la dissolution d'un liquide dans un autre, et indépendamment de toute autre circonstance, est de nature à produire du froid, comme en donnerait l'expansion d'un gaz qui se dilate en produisant un travail mécanique.

» Toutefois, pour que l'abaissement de température observé jusqu'ici dans tous les mélanges dont il a été question puisse être légitimement attribué à une cause spéciale, il était nécessaire de démontrer que cet abaissement n'est pas dû simplement à de la chaleur qui aurait été dissimulée ou rendue latente par une augmentation de capacité calorifique survenue pendant la dissolution. Il est évident, en effet, que si, lorsqu'on mêle deux liquides, la capacité calorifique du mélange devient plus grande que la capacité moyenne des corps mélangés, il doit y avoir, par ce seul fait, abaissement de température. Et si l'augmentation de capacité est suffisante pour rendre raison du froid observé, on n'est plus autorisé à faire intervenir une autre cause.

» Pour résoudre cette question, il était nécessaire de connaître encore deux éléments du problème, savoir : 1° les capacités calorifiques des mélanges, comparées à celles de leurs éléments ; 2° les quantités de chaleur absorbées ou dégagées par chaque mélange. Ce sont précisément ces deux questions que nous traitons dans le présent Mémoire.

» Les capacités que nous avons constatées par l'expérience ont été trouvées toutes, à l'exception d'une seule, supérieures à la capacité moyenne des éléments ; mais, dans aucun cas, cette augmentation de capacité n'a pu suffire pour représenter toute la chaleur absorbée au moment du mélange. Nous pensons avoir apporté une assez grande précision dans nos expériences pour ne laisser aucune incertitude sur l'exactitude de cette conclusion.

§ I. — Détermination des chaleurs spécifiques de différents mélanges liquides, comparées a celles de leurs éléments.

» La mesure des chaleurs spécifiques a été obtenue par deux méthodes : la *méthode des mélanges* et la *méthode du refroidissement*. Nous avons été guidés dans la préférence à donner à l'une ou à l'autre de ces deux méthodes par la nature et la quantité des liquides dont nous pouvions disposer.

» Voici le tableau des résultats obtenus pour la température de 18°,50 :

Nature des liquides.	Capacité calorifique.	Capacité théorique moyenne.	Capacité expérimentale, la capacité moyenne étant 100.
Eau	1,0000	»	»
Essence de térébenthine	0,4320	»	»
Alcool	0,5790	»	»
Éther	0,5334	»	»
Sulfure de carbone	0,2381	»	»
Chloroforme	0,2250	»	»
Mercure	0,0296	»	»
Acide cyanhydrique	0,5881	»	»
46,00 alcool 54,00 eau	0,9047	0,8063	112,20
46,00 alcool 55,5 éther	0,5642	0,5540	101,84
76,00 sulfure de carbone 46,00 alcool	0,3903	0,3666	106,46
37,00 éther 57,00 sulfure de carbone	0,3673	0,3543	103,67

Nature des liquides.		Capacité calorifique.	Capacité théorique moyenne.	Capacité expérimentale, le capacité moyenne étant 100.
119,5	sulfure de carbone..... chloroforme..........	0,2266	0,2315	97,88
119,5				
119,5	chloroforme.......... éther...............	0,3610	0,3278	110,12
59,75				
47,8	chloroforme.......... alcool...............	0,2740	0,2561	106,98
46,00				
119,5	chloroforme.......... alcool...............	0,3890	0,3642	»
77,48				
27,00	acide cyanhydrique.... eau.................	0,8317	0,7940	104,74
27,00				

» L'examen du tableau qui précède donne lieu à quelques remarques essentielles :

» 1° En ce qui concerne la chaleur spécifique des liquides purs, les nombres obtenus par la méthode du refroidissement, telle que nous l'avons pratiquée, sont en accord avec ceux que M. Regnault a déduits de la méthode des mélanges pour les mêmes liquides et pour la même température. Cet accord est une garantie d'exactitude pour les nombres nouveaux qui ne peuvent être contrôlés par d'anciennes déterminations.

» 2° L'acide cyanhydrique anhydre, dont l'équivalent est très-faible, HCy = 27, a une capacité calorifique supérieure à celle du sulfure de carbone, du chloroforme, de l'éther et même de l'alcool. A la température de 18°,50, cette capacité représente les trois cinquièmes environ de celle qui appartient à l'eau.

» 3° En ce qui concerne la chaleur spécifique des mélanges, on voit que les nombres fournis par l'expérience sont pour tous les cas, un seul excepté, supérieurs à ceux qui représentent la capacité théorique moyenne. Mais, par une singulière opposition avec ce qu'on aurait pu prévoir, les liquides pour lesquels l'augmentation de capacité est la plus considérable sont précisément ceux qui ont dégagé beaucoup de chaleur au moment de leur mélange, savoir l'*eau* et l'*alcool*, l'*éther* et le *chloroforme*, tandis que le seul mélange qui présente une diminution de capacité calorifique, le *chloroforme* et le *sulfure de carbone*, est un de ceux qui produisent le plus de froid au moment de leur formation.

§ II. — Évaluation en calories de la chaleur absorbée ou dégagée par les divers liquides au moment de leur mélange.

» L'appareil dont nous nous sommes servis consiste en un système de deux tubes en verre, ayant chacun 80 centimètres cubes de capacité environ, et communiquant par leur partie inférieure à l'aide d'un tube d'un petit diamètre. On introduit d'abord une petite quantité de mercure qui prend son niveau dans le tube fin, puis on verse l'un des liquides dans la branche de droite, et l'autre dans la branche de gauche. Les deux liquides sont pris dans les proportions qui conviennent aux précédents mélanges; mais les quantités absolues sont calculées de manière que le volume total des deux liquides n'excède pas 80 centimètres cubes. Le petit appareil étant ainsi préparé et bouché à ses deux ouvertures, on l'introduit verticalement dans un calorimètre en laiton, muni d'une enveloppe extérieure avec manchon d'air. On verse de l'eau dans le calorimètre jusqu'à ce que le système des deux vases communiquants en soit complétement entouré. Un agitateur permet d'en mêler parfaitement les couches, et un thermomètre en donne à tout instant la température avec l'exactitude de $\frac{1}{100}$ de degré. Les choses étant en cet état, et l'appareil étant fermé de toute part, dès que l'équilibre de température s'est partout établi, on débouche les ouvertures et on adapte à l'une d'elles un tube de verre communiquant avec une poire en caoutchouc. En pressant doucement avec la main, on refoule la colonne mercurielle, et le liquide contenu dans la première branche passe graduellement dans la seconde, où il se mêle à l'autre liquide. On bouche l'ouverture de cette seconde branche. Le changement de température qui se produit par le fait du mélange est immédiatement accusé par la marche du thermomètre. Si l'on enlève le bouchon, la différence des pressions détermine un mouvement en sens inverse du premier, et l'on peut ainsi, en faisant marcher les deux liquides alternativement dans un sens et dans l'autre, effectuer leur mélange d'une manière exacte au milieu même du calorimètre, sans avoir beaucoup à redouter l'influence exercée par l'air de la boule.

» Lorsque le thermomètre a accusé son maximum d'effet, on note la température θ qui lui correspond et on peut, à l'aide de la formule connue, calculer le nombre de calories dégagées ou absorbées pendant le mélange des deux liquides.

» Les expériences faites à l'aide de l'appareil et du mode opératoire que nous venons de décrire sont susceptibles d'une certaine précision, à en

juger par la concordance des résultats qu'elles ont fournis sur les mêmes liquides expérimentés dans des conditions différentes. La différence $t - \theta$ ou $\theta - t$ étant toujours très-faible, l'influence de l'air extérieur se fait à peine sentir pendant la durée très-courte de chaque expérience. Nous avons eu soin, d'ailleurs, dans chacune de nos opérations, d'apprécier cette influence par la méthode ordinaire, et d'en tenir un compte exact dans le calcul des résultats obtenus.

» Voici ces résultats rapportés à 100 grammes de chaque mélange.

I. — *Calories absorbées.*

62,30	sulfure de carbone	231,20 cal
37,70	alcool	
50,00	chloroforme	141,29
50,00	sulfure de carbone	
50,00	eau	894,08
50,00	acide cyanhydrique	
50,64	sulfure de carbone	161,80
39,36	éther	
45,32	alcool	184,04
54,68	éther	
8,80	alcool	71,62
91,20	chloroforme	

II. — *Calories dégagées.*

46,00	alcool	803,65 cal
54,00	eau	
66,66	chloroforme	629,74
33,34	éther	
39,34	alcool	177,53
60,66	chloroforme	

Tableau *représentant les changements de température, de volume, de capacité calorifique, et le nombre de calories absorbées ou dégagées dans le mélange des liquides de nature différente.*

Mélanges. (gr)		(éq.)	Abaissements de température	Volume du mélange, le volume théorique étant représenté par 100.	Capacité théorique moyenne.	Capacité fournie directement par l'expérience.	Nombre de calories absorbées ou dégagées en totalité.	Calories correspondantes à l'accroissement de capacité.	Capacité que devrait avoir chaque mélange pour rendre compte des calories absorbées.	Effet dû au changement de capacité exprimé en centièmes de l'effet total.
50,00	Eau	3	— 9°,75	94,65	0,7940	0,8317	—894,08	36,75	1,7110	4,11
50,00	Acide cyanhydrique	1								
37,70	Alcool	1	— 5,90	101,70	0,3666	0,3903	—231,20	13,98	0,7584	6,04
62,30	Sulfure de carbone	2								
50,00	Chloroforme	1	— 5,10	100,65	0,2315	0,2266	—141,29	— 2,50	0,5085	—1,77
50,00	Sulfure de carbone	3 $\frac{1}{7}$								
45,32	Alcool	1	— 3,60	99,09	0,5540	0,5642	—184,04	3,67	1,0652	1,99
54,68	Éther	1 $\frac{1}{2}$								
39,36	Éther	1	— 3,60	100,29	0,3543	0,3673	—161,80	4,68	0,8037	2,88
60,64	Sulfure de carbone	1 $\frac{1}{2}$								
91,22	Chloroforme	4	— 2,40	100,04	0,2561	0,2740	— 71,62	4,29	0,5545	5,99
8,78	Alcool	1								
60,66	Chloroforme	1	+ 2,40	99,67	0,3642	0,3890	+177,53	"	"	"
39,34	Alcool	1 $\frac{2}{3}$								
54,00	Eau	6	+ 8,30	96,43	0,8063	0,9047	+803,65	"	"	"
46,00	Alcool	1								
33,33	Éther	1 $\frac{3}{5}$	+14,40	98,70	0,3278	0,3610	+629,74	"	"	"
66,67	Chloroforme	1								

Résumé.

» Les recherches dont nous venons d'exposer les résultats peuvent se résumer de la manière suivante :

» Sur neuf mélanges liquides que nous avons examinés, six ont donné lieu à un abaissement de température, trois à une production de chaleur. Ces trois derniers, contrairement à ce qu'on aurait pu supposer *à priori*, offrent une augmentation de capacité, augmentation plus considérable même que dans les six mélanges qui donnent du froid.

» Cette augmentation de capacité se place ici en opposition avec la cause qui a dû produire l'élévation de température observée pendant le mélange ; mais il faut ajouter que ces trois mélanges présentent en même temps une contraction de volume notable dont l'influence est en sens contraire de l'augmentation de capacité.

» Sur les six mélanges qui ont donné du froid, cinq ont présenté une augmentation de capacité; mais pour aucun d'eux cet accroissement n'est suffisant pour rendre raison de toute la chaleur perdue : il ne rend compte au maximum, c'est-à-dire dans le cas le plus favorable, que de 6 pour 100 au plus de la perte de chaleur.

» Parmi ces cinq derniers mélanges, trois ont présenté une légère augmentation de volume qui pourrait être invoquée à l'appui de la chaleur qui a disparu; mais il en est deux, les mélanges d'alcool et d'éther, d'acide cyanhydrique et d'eau, qui présentent une contraction notable, particulièrement le dernier, et pour lesquels il est tout à fait impossible de rendre raison de la chaleur qui a disparu. Ainsi, 50 grammes d'eau mélangés à 50 grammes d'acide cyanhydrique produisent l'absorption d'une quantité de chaleur qui serait suffisante pour élever de zéro à 100 degrés 8gr,9408 d'eau, c'est-à-dire près d'un dixième du poids du mélange. L'augmentation de capacité ne rend compte que des 4 centièmes de cette chaleur absorbée. Et ce qui doit paraître plus extraordinaire encore, c'est que cet abaissement de température coïncide avec une diminution énorme de volume (6 pour 100), qui, dans les idées reçues, doit donner lieu à un dégagement de chaleur considérable. Il reste donc établi par ces deux exemples qu'indépendamment de la perte de chaleur qui peut avoir lieu par les changements de volumes, qu'indépendamment de celle qui peut résulter de l'ensemble des causes, encore inconnues, qui produisent les changements de capacités, il existe une cause en dehors des précédentes qui produit par elle-même une absorption de chaleur, absorption qui peut être quelquefois égale ou même supérieure à la chaleur dégagée par la combinaison de ces liquides. »

GÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Expériences sur les décompositions chimiques provoquées par les actions mécaniques dans divers minéraux tels que le feldspath; par* M. **Daubrée**.

« A mesure que l'on approfondit davantage ce qui se passe dans l'écorce du globe, on voit s'agrandir ce cercle de décompositions et de recompositions successives qui forment en quelque sorte l'activité et comme la vie de la matière inorganique. Les composés en apparence les plus fixes subissent cette loi comme les autres, et il est intéressant de connaître les divers procédés qui déterminent ces transformations.

» Pour ne parler que de l'une des phases de ce double phénomène, on a reconnu que diverses substances subissent, en présence de certaines

actions mécaniques, telles que le frottement et la trituration, une décomposition lente et graduelle. Cette donnée repose sur des observations dont on est redevable à Vauquelin, à M. Chevreul, à M. Becquerel, ainsi qu'à M. Pelouze. J'ai constaté moi-même, il y a quelques années, que, dans leur trituration sous l'eau, les roches feldspathiques ne produisent pas seulement des galets, du sable et du limon; mais que cette division mécanique est accompagnée d'une décomposition chimique qui se décèle par la présence d'une certaine quantité d'alcali dans le liquide où s'opère le mouvement (1).

» C'est l'examen de ce fait que j'ai cru devoir reprendre d'une manière plus circonstanciée que je n'avais pu d'abord le faire.

» M. Rolland, directeur général des Tabacs, a bien voulu m'autoriser à m'installer pour cela dans les ateliers de la Manufacture des Tabacs. J'y ai trouvé d'ailleurs le plus obligeant accueil de la part de M. Schlœsing, ingénieur en chef, directeur de l'École d'application des Manufactures impériales, qui a bien voulu m'aider à examiner sur place les différents produits obtenus.

» Comme dans mes expériences antérieures, j'ai fait frotter sur elle-même la substance minérale en la plaçant avec de l'eau dans un vase cylindrique doué d'un mouvement de rotation, à peu près dans les mêmes conditions de vitesse qu'offrent les eaux courantes, c'est-à-dire d'environ 2550 mètres à l'heure. Le poids de l'eau représentait une à deux fois celui de la matière solide.

» Les résultats variant suivant la nature du vase et suivant la nature des liquides au sein desquels s'opère la trituration, j'ai dû soumettre la même substance à divers essais, successivement dans des cylindres en grès et en fer, et en présence, soit de l'eau pure, soit de l'eau tenant en dissolution quelques-uns des agents chimiques le plus universellement répandus dans la nature. C'est ainsi que j'ai employé tour à tour, à titre de dissolvant, l'eau distillée et l'eau chargée d'acide carbonique, de sel marin, de chaux, etc.

» Le feldspath orthose, sur lequel ont porté les principaux essais, appartenait à une variété des environs de Limoges qui sert, dans nos fabriques de

---

(1) Recherches expérimentales sur le striage des roches, sur la formation des galets, du sable et du limon, et sur la décomposition chimique produite par les agents mécaniques (en extrait dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XLIV, p. 997, et *Annales des Mines*, 5e série, t. XII, 1857).

porcelaine, à la production de l'émail : il ne présentait aucun indice d'altération.

» J'ai d'ailleurs reconnu par une expérience préalable que la couverte des vases en grès ne fournit pas d'alcali à l'eau qui la baigne, puisque du silex, après un parcours de rotation de 189 kilomètres dans ces cylindres, n'avait pas rendu l'eau sensiblement alcaline.

» Passons maintenant brièvement en revue les résultats obtenus :

» *Feldspath et eau pure.* — Le feldspath en fragments, soumis à une longue trituration en présence de l'eau distillée, et dans des cylindres en grès, subit une décomposition notable, qui est accusée par la présence dans l'eau de silicate de potasse qui la rend alcaline.

» Quand on opère dans un cylindre en fer, l'action est en apparence plus compliquée. L'eau devient alcaline, comme dans le premier cas, ce qu'il est facile de reconnaître avec le papier rouge de tournesol, mais elle ne renferme plus de silice. Cette différence tient à l'intervention de la matière métallique du vase dans la réaction. Le fer très-divisé que produit le frottement des fragments pierreux contre ses parois s'oxyde pendant l'expérience, et l'oxyde de fer formé s'empare de la silice du silicate alcalin à mesure que ce dernier se sépare du feldspath. Il ne reste dans l'eau que de la potasse libre.

» Je me suis assuré directement de cette action décomposante de l'hydrate d'oxyde de fer pur sur une dissolution de silicate de soude. La totalité de la silice est promptement soustraite à la liqueur par le composé ferrugineux.

» Trois kilogrammes de feldspath, après un mouvement prolongé pendant cent quatre-vingt-douze heures, dans un cylindre en fer, et correspondant à un parcours de 460 kilomètres, ont formé pendant ce temps une quantité de limon du poids de $2^{kil},720$. Les cinq litres d'eau dans lesquels s'était opérée la trituration ne renfermaient pas alors moins de $12^{gr},60$ de potasse, soit par litre, $2^{gr},52$ de cet alcali.

» On aura une idée de la force alcaline de ce liquide par ce fait, qu'une eau renfermant par litre 2 grammes de potasse ou de soude donne déjà un lessivage assez satisfaisant, sans aucun danger de détériorer le linge. Qui pourrait dire s'il n'y a pas là le point de départ d'une application industrielle?

» La quantité de potasse qui entre en dissolution est en rapport avec la quantité de poussière feldspathique que produit le frottement. Elle ne forme que les 3 à 5 millièmes du limon, c'est-à-dire seulement 2 à 3

pour 100 de la quantité totale de potasse renfermée dans cette poussière.

» Il suffit d'un mouvement de quelques heures, même dans des conditions de faible vitesse, pour que l'eau dans laquelle frottent les fragments de feldspath acquière déjà une réaction très-sensiblement alcaline.

» On admet en général que dans la décomposition des silicates qui renferment de l'alumine avec des bases à 1 équivalent d'oxygène, ces dernières seules sont éliminées et que l'alumine se concentre en totalité dans le résidu. Il importe de remarquer que dans les expériences dont je rends compte, la liqueur surnageante renferme toujours, outre la silice et la potasse, une certaine quantité d'alumine qui a suivi l'alcali.

» A part ces trois substances, le liquide surnageant donne aussi des réactions qui caractérisent des traces de sulfates et de chlorures. La présence de ces sels s'explique par leur interposition fréquente dans les roches feldspathiques; mais une telle origine ne saurait être admise pour la potasse, l'alumine et la silice.

» En effet, et ceci est digne de remarque, si l'on triture le feldspath à sec, on le réduit en poudre impalpable; mais cette poussière sèche ne communique à l'eau, même après un contact prolongé, qu'une réaction à peine alcaline. Il n'en serait pas de même si le feldspath renfermait de la potasse interposée ou s'il avait subi une décomposition antérieure à l'expérience.

» Ce dernier résultat montre également que la trituration seule ne suffit pas à effectuer la décomposition du feldspath, et que l'eau elle-même, agissant ultérieurement sur la poussière feldspathique, ne produit pas non plus d'effet chimique bien sensible. Pour que la décomposition se produise, il faut que la division mécanique et l'action dissolvante de l'eau s'exercent simultanément, de telle sorte que la force de l'affinité capillaire intervienne selon les idées et les expressions consacrées par M. Chevreul.

» *Feldspath et eau salée.* — Comme la trituration des roches s'opère non-seulement sur les continents, mais aussi dans la mer, il importait de savoir comment le feldspath se comporte en se broyant au milieu de l'eau salée. Seulement, au lieu de prendre l'eau de mer, dont la composition est complexe, j'ai employé tout d'abord une solution bien définie, qui renfermait 3 pour 100 de chlorure de sodium.

» Toutes les conditions de l'expérience étant les mêmes que précédemment, on n'a pu obtenir, aussi bien dans un vase en fer que dans un vase en grès, qu'une réaction alcaline très-faible et incomparablement moindre que celle qui se manifeste dans l'eau distillée. La présence du chlorure de

sodium arrête la décomposition. La nature du dissolvant exerce donc ici une influence inattendue sur le résultat final.

» Il reste à savoir si les sels de magnésie qui abondent dans l'eau de mer, et si l'eau de la mer elle-même, exerceront sur le feldspath une action positive ou négative, et, dans le premier cas, à faire la part des divers principes de l'eau de mer dans la décomposition du feldspath. C'est ce qui fait l'objet d'expériences en cours d'exécution.

» *Feldspath et eau chargée d'acide carbonique.* — L'influence du dissolvant dans le phénomène qui nous occupe est encore évidente, quand au sel marin on substitue l'acide carbonique, qui est considéré comme un des agents naturels les plus énergiques de la décomposition des silicates.

» Deux kilogrammes de cailloux bien arrondis, mis dans 3 litres d'eau saturée d'acide carbonique, ont été soumis à la rotation pendant dix jours dans un vase de grès. L'acide carbonique a été renouvelé une fois pendant l'expérience. Le chemin parcouru étant de 142 kilomètres, on a obtenu 48 grammes de limon, plus $0^{gr},270$ de potasse libre, et $0^{gr},750$ de silice.

» La présence de l'acide carbonique dans un vase de nature inattaquable par ce réactif a donc pour effet d'aider puissamment à la décomposition du feldspath.

» Dans un vase en fer, les choses se passent tout autrement. Le métal très-divisé, enlevé par le frottement aux parois du cylindre, est d'abord attaqué avec une grande énergie. Il se produit du carbonate de protoxyde de fer que l'on trouve dissous dans l'eau, en même temps que l'on constate un dégagement d'hydrogène dû à la décomposition de l'eau sous la double influence du métal et de l'acide carbonique. Le gaz atteint même une tension supérieure à celle de l'atmosphère, de telle sorte qu'il produit un sifflement au moment où l'on ouvre le vase. Quant au feldspath, il est également attaqué, mais moins que dans l'eau pure (1); en sorte que l'eau chargée d'acide carbonique devient beaucoup moins sensiblement alcaline que l'eau distillée. Il semblerait qu'ici le carbonate de protoxyde de fer dissous agisse dans le même sens que le sel marin, pour mettre obstacle à la décomposition du feldspath.

» *Feldspath et eau de chaux.* — La chaux, intervenant dans les mêmes circonstances que le sel marin et l'acide carbonique, tend à faire sortir l'alcali du feldspath.

---

(1) En effet, dans ces conditions on n'a trouvé dans le liquide que le dixième environ de la quantité de potasse obtenue avec l'eau pure.

» *Feldspath étonné et eau pure.* — L'état de la substance soumise à l'essai influe beaucoup sur les phénomènes dont il s'agit.

» Ainsi le felspath, préalablement étonné par une calcination au blanc et devenu friable, fournit une eau très-fortement alcaline, en même temps qu'une proportion de limon bien plus abondante que dans les premières expériences.

» *Obsidienne et amphigène dans l'eau pure.* — L'obsidienne, qui représente la matière feldspathique à l'état vitreux, ne donne lieu, dans les mêmes circonstances, qu'à une décomposition beaucoup moins prononcée que le feldspath naturel; l'eau n'acquiert qu'une réaction à peine alcaline.

» Enfin, en opérant sur la roche d'amphigène de la Somma (leucitophyre) grossièrement concassée, la liqueur, après quarante-deux heures et une usure considérable, n'a donné que des traces insignifiantes d'alcali. Ce fait est d'autant plus remarquable que l'amphigène l'emporte sur le feldspath par sa teneur en alcali et par sa nature plus basique.

» *Détermination du coefficient d'usure des matériaux soumis au frottement.* — J'ai profité de ces nouvelles expériences pour revenir incidemment sur un point que j'ai déjà traité antérieurement, et qui n'est pas sans valeur pour apprécier la formation des galets dans la nature. Il s'agit de la détermination du degré d'usure des matériaux soumis à la trituration, rapporté au kilomètre parcouru.

» En évaluant ce degré d'usure par la quantité de limon produite, j'ai trouvé les coefficients suivants :

Feldspath en fragments anguleux..........	0,003
Feldspath en fragments arrondis..........	0,002
Obsidienne..........................	0,003
Serpentine..........................	0,003
Silex de la craie......................	0,0002.

» L'usure du silex a donc été dix fois moins rapide que celle du feldspath en fragments arrondis.

» *Ressemblance du limon feldspathique obtenu avec certaines roches réputées argileuses, telles que les argilolithes et les phyllades.* — Le limon obtenu comme on vient de le voir est d'une telle ténuité, qu'il rend le liquide opalin et ne s'en sépare pas, même après un repos de plusieurs jours. Il rend la filtration excessivement lente et traverse les filtres. A l'état mouillé, il jouit d'une certaine plasticité et ressemble à de l'argile à pâte courte; mais une fois desséché, il s'en distingue en ce qu'il devient pulvérulent. L'examen chimique prouve que ce limon est à peu près anhydre, qu'il résiste à l'ac-

tion des acides et des alcalis, et qu'il est resté fusible : ce n'est donc qu'une boue feldspathique.

» On trouve dans les terrains stratifiés, à divers étages et dans beaucoup de contrées, des substances désignées sous le nom d'*argiles fusibles*, d'*argilolithes*, qui présentent de grandes ressemblances avec ce limon feldspathique; il en est de même des phyllades ou schistes argileux qui renferment souvent 6 à 7 pour 100 de potasse.

» Une partie des éléments constituants de ces roches paraît donc provenir, non de la décomposition, mais de la simple trituration de roches feldspathiques ou silicatées.

» *Observation générale.* — On savait, par les recherches de Berthier et de Forchhammer sur les kaolins, et surtout par les belles études d'Ebelmen, que les minéraux silicatés qui renferment de la potasse, comme le feldspath, abandonnent une partie de leur alcali à l'état soluble, lorsqu'ils se décomposent spontanément sur place.

» Les faits qui précèdent montrent que derrière le fait en apparence si simple de la division mécanique des roches par le frottement et la trituration, se cache une action chimique lente et graduelle, assez énergique pour décomposer un des minéraux les plus stables que nous connaissions. On se trouve ainsi en présence d'une nouvelle cause d'élimination de la potasse, qui est tenue comme en réserve dans divers silicates, et du passage continuel de cet alcali à l'état de dissolution dans les eaux qui se meuvent à la surface des continents. Des frottements s'opèrent en effet de toutes parts, notamment dans le lit des torrents et des fleuves, où les galets roulent sans cesse les uns sur les autres, ainsi que sous la pression des nappes mobiles d'eau solidifiée par la congélation, qui constituent les glaciers. »

ASTRONOMIE. — *Sur la disparition récente d'un cratère lunaire, et sur le spectre de la lumière de quelques étoiles; par le* **P. Secchi.**

« Rome, 14 février 1867.

» Les journaux se sont beaucoup occupés de la disparition du cratère lunaire *Linné*, disparition signalée par M. Schmidt. J'ai profité, pour l'étudier, des deux dernières soirées qui ont été assez belles, et voici les résultats que j'ai obtenus.

» Le soir du 10, entre 9 et 10 heures, le cratère entrait dans la lumière du Soleil, et on voyait près du cercle limite un petit point proéminent avec

une petite ombre, et autour de ce point une couronne irrégulièrement circulaire, très-aplatie. La faiblesse de la lumière et la proximité de la Lune à l'horizon ne permirent pas de prolonger les observations.

» Le 11 au soir, *Linné* était déjà assez avancé dans la lumière, et à 7 heures on voyait nettement un très-petit cratère, environné d'une éclatante auréole blanche, qui brillait franchement sur le fond sombre du *Mare serenitatis*. La grandeur de l'orifice du cratère était de $\frac{1}{3}$ de seconde au plus, et l'auréole était un peu plus large que *Sulpicius Gallus*. J'insiste sur cette comparaison, car elle fait voir que MM. Mædler et Beer, dont j'employais la belle carte, n'auraient jamais figuré un cratère aussi grand et aussi bien fait que celui qu'ils assignent à *Linné*, pour une tache blanche comme celle qui existe à présent; en effet, *Sulpicius Gallus* est actuellement beaucoup plus grand que le petit cratère qui forme le centre de la tache. Ce dernier est même encore plus petit que ces autres cratères qu'on indique seulement par des lettres, sans leur donner de nom, et qui sont répandus à grandes distances dans le *Mare serenitatis*.

» On ne peut donc douter qu'il y ait eu un changement, et il paraît probable qu'une éruption a rempli l'ancien cratère, d'une matière assez blanche pour paraître beaucoup plus claire que le fond de la mer qui l'environne.

» Je viens d'examiner l'étoile variable de la baleine *Mira* o, qui est maintenant de cinquième ou quatrième grandeur. Son spectre est de l'ordre de α Hercule et montre des cannelures cylindriques parfaitement bien tranchées, avec les mêmes raies noires à la place même de l'étoile type. Mais au fur et à mesure que l'étoile gagne en éclat, les raies noires du jaune et les premières du vert paraissent diminuer de netteté et devenir moins noires. Ce fait est très-intéressant : il indiquerait ici une source de variabilité différente de celle d'Algol. Le type, sans changer absolument, pourrait bien recevoir des modifications dans différentes raies; et en effet, les lignes qui deviennent claires dans o Baleine sont précisément celles qui sont très-faibles et variables dans α Orion.

» A propos de cette étoile, j'ai remarqué que la raie D a une largeur bien plus considérable que celle du sodium lui-même. Elle est sans doute agrandie par absorption de la vapeur d'eau, comme il arrive pour le groupe qui environne la raie D, dans le spectre solaire, lorsque le Soleil est près de l'horizon.

» Je viens d'achever, à peu près complétement, la détermination des spectres des étoiles principales : j'en ai examiné plus de cinq cents, et le

spectre a été caractérisé pour plus de quatre cents. Le résultat de cette revue est la confirmation de ce que je disais, dans ma dernière communication, sur les spectres des étoiles, c'est-à-dire que la moitié des étoiles se rapporte au type de α Lyre, et l'autre moitié au type solaire à raies fines. Un petit nombre appartient au type de α Hercule, et celles-ci sont toutes fortement colorées en rouge. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Extrait d'un Mémoire sur les intensités magnétiques de quarante-deux points du globe, observées pendant la campagne des corvettes* l'Astrolabe *et* la Zélée; *par* M. Coupvent des Bois.

(Renvoi à la Section de Géographie et Navigation.)

« Ces observations ont été faites avec un appareil de Gambey, muni de trois barreaux nos 1, 2, 3.

» Les oscillations de ces barreaux à suspension de soie étaient comptées à l'aide d'un compteur, et leurs amplitudes étaient mesurées au moyen d'un arc divisé.

» Les corrections d'amplitude ont été évitées en ne se servant que des oscillations correspondantes à moins de 20 degrés d'amplitude.

» Ces observations ont été faites en quarante-deux stations différentes, ou en quarante-huit si l'on tient compte des observations particulières sur les montagnes de Ténériffe, sur le mont Tarn (Port-Famine), sur le mont Manga-Reva (îles Gambier), et sur le mont Wellington (Hobart-Town).

» L'expédition étant rentrée à Toulon le 17 novembre 1840, la vérification des barreaux aimantés qui avaient servi aux observations n'a été faite que le 11 février 1842.

» Cette vérification a eu lieu à l'Observatoire de Paris : en voici le résultat. Sachant que la force magnétique d'un barreau est en raison inverse du carré de la durée d'une oscillation, on trouve que le barreau n° 2 n'avait conservé que 0,732 de son magnétisme, perdant ainsi un peu plus du quart de sa force. Le barreau n° 3 était réduit à 0,785; il avait perdu un peu moins du quart de son magnétisme.

» Quant au n° 1, on ne l'a pas examiné au retour, le considérant comme hors de service.

» Ces grandes déperditions de magnétisme dans les barreaux eussent

rendu inutiles ces observations qui nous avaient donné tant de peine, si l'emploi de plusieurs barreaux ne nous avait fait trouver le moyen de corriger en grande partie les erreurs qui en proviennent.

» Ainsi, en comparant la marche des barreaux n° 2 et 3, on voit qu'à Paris le n° 2 était un peu plus faible que le n° 3, puis qu'au Port-Famine le n° 2 était plus fort que le n° 3; qu'ils étaient égaux à Tacalhuano et aux îles Gambier, qu'à Nouka-Hiva le n° 2 était plus faible que le n° 3, puis plus fort à Matavaï, etc.

» En sorte que les lignes par lesquelles on peut représenter les variations de ces deux barreaux doivent s'entrecouper six fois, entre les observations faites à Paris, au départ et au retour de l'expédition.

» Alors on supposera qu'en passant d'une station à la suivante, les deux barreaux n'ont rien perdu, s'ils oscillent dans des temps dont les carrés soient proportionnels d'une station à l'autre, et que dans le cas contraire un seul des barreaux se soit affaibli et devra être corrigé en le comparant à l'autre qui est censé n'avoir pas varié, et ainsi de suite de proche en proche, jusqu'à la dernière station, avec cette condition que les barreaux arrivent à l'état où on les a retrouvés au retour de l'expédition.

» Les résultats ainsi calculés de proche en proche jusqu'à Saint-Denis (île Bourbon) donnent pour cette dernière station, avec les barreaux 2 et 3, des coefficients de correction de 0,8511 et 0,8811 qui diffèrent peu des coefficients 0,8556 et 0,8861, nécessaires pour Paris, tout en étant un peu plus faibles que ces derniers, ce qui semblerait indiquer que ces barreaux auraient acquis un peu de magnétisme en revenant de Saint-Denis à Paris, ou plutôt qu'ils en auraient moins perdu que notre hypothèse ne le suppose, ou enfin que ces barreaux ne perdaient pas toujours du magnétisme en passant d'une station à l'autre, mais en gagnaient quelquefois.

» Pour vérifier ce fait et obtenir, s'il se peut, une approximation encore plus grande, nous avons fait la comparaison des trois barreaux 1, 2, 3, et nous sommes arrivés, pour faire concorder les observations de Paris à l'arrivée et au départ, à une simple correction proportionnelle de 6 millièmes sur chaque station.

» En définitive, le tableau ci-joint représente les intensités magnétiques absolues des lieux d'observation, corrigées comme il est dit précédemment, en intercalant pour les stations où de pareilles combinaisons n'ont pu être faites.

Intensités magnétiques absolues, celle de Paris étant 1.

STATIONS.	LATITUDE.	LONGITUDE.	INCLINAISON magnétique.	INTENSITÉ MAGNÉTIQUE ABSOLUE par les barreaux 2, 3.	par les barreaux 1, 2, 3.	MOYENNE.
	° ′	° ′	° ′			
Paris	48.50 N	0. 0	67.18 N	1,000	1,000	1,000
Toulon	43.07	3.35 E	62.42	0,933	0,943	0,938
Téneriffe (Sainte-Croix)	28.28	18.38 O	59. 3	0,941	0,943	0,942
Port-Famine	53.38 S	73.12	58.30 S	1,093	1,099	1,096
Mer, 23 janvier 1838	63.32	45.33	63 1/4?	1,173	1,186	1,180
Mer, 7 février 1838	62.20	41. 0	62. 2	1,131	1,142	1,137
Tacalhuano	36.42	75.31	42.53	0,860	0,875	0,867
Ile Juan-Fernandez	33.32	81.29	41. ?	0,881	0,931	0,906?
Manga-Reva	23. 8	137.21	38.59	0,849	0,863	0,856
Nouka-Hiva	8.54	142.27	18.39	0,738	0,747	0,742
Matavaï	17.29	151.49	30.26	0,804	0,816	0,810
Apia	13.52	174. 5	28.26	0,823	0,866	0,845
Vavao	18.40	176.28	35. 6	0,873	0,902	0,888
Viti	17.41	176.29 E	36.37	0,887	0,911	0,899
Salomon	8.31	157.21	25.55	0,834	0,854	0,844
Tsis	7.18 N	149.28	2.37 N	0,714	0,727	0,720
Umata	13.18	142.20	13.33	0,725	0,735	0,730
Mindanao	5.52	122.43	2.46	0,771	0,779	0,775
Ternate	0.53	124.59	11.51 S	0,779	0,785	0,782
Amboine	3.42 S	125.49	20.49	0,845	0,847	0,846
Banda	4.30	127.35	22.43	0,827	0,830	0,829
Baie Rafles	11.14	130.11	35.15	0,922	0,919	0,920
Iles Aaron	5.45	131.45	25. 4	0,826	0,824	0,825
Baie Triton	3.47	131.43	21.35	0,812	0,814	0,813
Ile Céram	3.24	128.19	20.26	0,809	0,812	0,811
Macassar	5.08	117. 6	23.27	0,833	0,829	0,831
Pointe Salatan	4. 9	112.12	21.25	0,817	0,812	0,815
Batavia	6. 7	104.32	26.38	0,828	0,821	0,825
Singapore	1.18 N	101.37	12.29	0,772	0,764	0,768
Solo	6. 2	118.45	1.49	0,746	0,736	0,741
Samboangan	6.53	119.49	1.20 N	0,755	0,744	0,750
Pulo-Laut	3. 8 S	114. 3	20.35 S	0,815	0,803	0,809
Samarang	6.59	108. 9	31.27	0,872	0,857	0,865
Sumatra	5.54	103.27	24.45	0,818	0,805	0,812
Hobart-Town	42.54	145. 5	70.49	1,294	1,269	1,281
Terre Adélie	66.29	138.20	85.20	1,578	1,600	1,589
Auckland	50.32	163.54	73.14	1,282	1,296	1,289
Otago	45.49	168.29	69.50	1,306	1,313	1,309
Akaroa	43.51	170.39	66.59	1,277	1,278	1,278
Baie des Iles	35.16	171.50	59.38	1,174	1,169	1,171
Détroit de Torrès	9.47	140.45	31.53	0,929	0,918	0,924
Timor	10. 8	121. 9	33.19	0,938	0,933	0,935
Saint-Denis	20.52	53.10	54.37	0,850	0,841	0,846

» La combinaison des trois barreaux donne, de Paris jusqu'à Banda, des intensités magnétiques plus fortes que ne les donne la combinaison des deux barreaux; ensuite les différences d'intensité sont tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre. En éliminant l'observation de Juan-Fernandez qui nous parut douteuse, la somme des différences est 0,444 pour quarante et une stations, ou un peu moins que 0,011 pour chaque station, terme moyen. L'erreur est donc d'environ *un centième* de l'intensité de Paris. »

THERMODYNAMIQUE. — *Application de la théorie mécanique de la chaleur à l'étude de la transmission du son; par* **M. Ath. Dupré.**

(Commissaires précédemment nommés : MM. Regnault, Morin, Combes.)

« La transmission du son dans l'air est accompagnée de compressions et de raréfactions successives, qui suffisent pour montrer que son étude se rattache à la théorie mécanique de la chaleur. Je vais considérer ici le cas où la transmission s'effectue dans un tuyau horizontal plein d'air, de 1 mètre carré de section, me réservant de traiter par la même méthode le cas de la transmission dans un milieu quelconque circonscrit de la même manière ou non, quand la publication des expériences de M. Regnault me permettra de faire en même temps les vérifications numériques utiles.

» En un point A d'une onde où la vitesse de propagation est V, celle des molécules gazeuses v, la pression p atmosphères et la température θ, faisons une section verticale; à une distance dx en A', faisons une seconde section dans laquelle v, p, θ présenteront des accroissements positifs ou négatifs dv, dp, $d\theta$, et soit dt le temps nécessaire pour que la propagation, qui se fait de A vers A', ait rendu propres à la section A' les quantités applicables d'abord à la section A. On aura évidemment

$$(1) \qquad dx = V\,dt.$$

Pendant le temps dt, l'accroissement du volume dx de la tranche est $dv\,dt$, et cela suffit pour que les formules connues donnent la variation de température

$$(2) \qquad \frac{\alpha\,d\theta}{1+\alpha\theta} = (k-1)\frac{dv\,dt}{dx};$$

k est le rapport de la capacité à pression constante à la capacité à volume constant; α est le coefficient de dilatation.

» D'ailleurs, pendant ce temps, la masse de la tranche ne change pas: cette circonstance s'exprime en égalant les produits des pressions par les

volumes et par les inverses des binômes de dilatation; ce qui donne, après réductions,

(3) $$\frac{dp\,dx}{p} = \frac{\alpha\,dx\,d\theta}{1+\alpha\theta} + dv\,dt.$$

» Enfin, toujours pendant le même temps, la perte de demi-force vive éprouvée par la tranche est égale au travail obtenu en multipliant la différence de pression $P\,dp$ ou $10333\,dp$ par le chemin parcouru $v\,dt$, en présence duquel disparaît l'accroissement $dv\,dt$ de dx. On a donc encore la relation

(4) $$P\,v\,dp\,dt = \frac{1,3\,pv\,dx\,dv}{g(1+\alpha\theta)}.$$

» En combinant les équations qui précèdent, on en tire sans peine plusieurs formules utiles, faisant connaître trois des quantités p, θ, v, V, en fonction de la quatrième. La formule connue

(5) $$V = \sqrt{\frac{Pgk}{1,3}}.\sqrt{1+\alpha\theta} = 332,4\sqrt{1+\alpha\theta}$$

en fait partie; mais $1+\alpha\theta$ et V sont légèrement variables d'un bout à l'autre d'une onde, de sorte que son sens n'est pas tout à fait celui qu'on y attache. Si, en un point particulier, à une extrémité de l'onde par exemple, θ_0 désigne la valeur que prend θ, on a

(6) $$V_0 = 332,4\sqrt{1+\alpha\theta_0},$$

et le sens de la formule ordinaire se trouve précisé. Si on désigne par p_0, v_0 les valeurs particulières que prennent p et v au même point, on trouve encore les équations

(7) $$V - V_0 = \frac{v - v_0}{2},$$

(8) $$\frac{V}{V_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{2k}}.$$

Elles font voir comment les variations de la vitesse de propagation dépendent de la vitesse des molécules ou de la pression. La seconde donne souvent assez d'approximation, lorsqu'on la remplace par

(9) $$\frac{V - V_0}{V_0} = \frac{1}{2k}.\frac{p - p_0}{p_0}.$$

On aperçoit de suite les conséquences qui résultent des variations de V, pour la diminution d'intensité du son à mesure que la distance augmente, et aussi pour le défaut de symétrie des ondes.

» La température et la pression en chaque point sont liées par l'équation

$$(10)\qquad \frac{p}{p_0} = \left(\frac{1+\alpha\theta}{1+\alpha\theta_0}\right)^k;$$

la vitesse des molécules et la pression par la relation

$$(11)\qquad \frac{p}{p_0} = \left(1 + \frac{v-v_0}{2V_0}\right)^{2k}.$$

Pour presque tous les calculs d'approximation, il est mieux d'employer des formules contenant les différences

$$(12)\qquad \frac{p-p_0}{p_0} = \frac{k\alpha(\theta-\theta_0)}{1+\alpha\theta_0} = k\frac{v-v_0}{V_0}.$$

V diffère peu de V_0; nous arrivons donc, en dernier lieu, à la loi suivante :

» Le rapport de la variation de vitesse des molécules à la vitesse de propagation est proportionnel à l'excès de pression; il est égal au quotient qu'on obtient en divisant cet excès par le produit de la pression et du nombre 1,41.

» Les diverses formules donnent plusieurs autres lois simples, qui seront énumérées dans un travail plus complet. »

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la théorie des roues hydrauliques. Théorie de la turbine; par* **M. de Pambour.** (Suite.)

(Commissaires précédemment nommés : MM. Poncelet, Morin, Combes, Delaunay.)

« Dans une communication précédente (séance du 20 août 1866), nous avons donné la formule des effets de la turbine, d'après le volume d'eau qu'elle dépense par seconde pendant son mouvement. Mais cette dépense est le plus souvent inconnue. Il faut donc avoir le moyen de la déterminer *à priori*.

» On sait que la vitesse de l'eau, qui passe du réservoir dans la turbine, résulte de la hauteur de chute effective de l'eau dans le réservoir et de la force centrifuge de la roue, et que cette vitesse est représentée, d'une manière sommaire, par la formule

$$(L)\qquad U^2 = 2gH + v^2 - v''^2, \quad \text{ou} \quad \frac{PU^2}{2g} = HP + \frac{P}{2g}(v^2 - v''^2).$$

Dans cette expression, U est la vitesse de l'eau à la sortie du réservoir, H la hauteur de chute effective, P le poids d'eau dépensé par seconde, v la vitesse de la turbine à sa circonférence extérieure, et v'' sa vitesse à la

circonférence intérieure. On sait d'ailleurs qu'on a

$$v'' = \frac{R''}{R} v.$$

» Cette équation suffirait pour exprimer les conditions du mouvement, si le mouvement de l'eau dans le réservoir n'éprouvait aucune entrave. Mais cette eau est, au contraire, forcée de suivre la courbure des cloisons ou directrices fixées sur le fond du réservoir. Il en résulte donc une force centrifuge dont nous devons tenir compte.

» Considérons un conduit formé par deux cloisons circulaires consécutives : l'une présentant sa concavité au passage de l'eau et recevant l'effort de la force centrifuge, l'autre marquant seulement l'épaisseur de la lame d'eau contenue entre les deux directrices. Appelons r_1 le rayon de la première, qui sera le rayon de courbure extérieur du conduit, et $r_{\prime\prime}$ la distance moyenne de la seconde directrice au même centre, qui sera le rayon de courbure intérieur. Appelons en même temps U_1 la vitesse de l'eau le long du conduit.

» On sait que la quantité de travail développée par cette force centrifuge, en une seconde, a pour expression

$$\frac{P}{2g} \cdot \frac{r_1^2 - r_{\prime\prime}^2}{r_1^2} U_1^2.$$

Ce travail est détruit par la fixité du réservoir; mais il en résulte une perte de force vive qu'il faut calculer. En observant que les vitesses de l'eau dans l'intérieur et en dehors du réservoir sont en raison inverse de l'aire des passages parcourus, exprimant par O_1 l'aire contractée des conduits du réservoir, O étant celle de l'orifice de sortie et U la vitesse correspondante, on a

$$U_1 = \frac{O}{O_1} U.$$

Si l'on substitue cette valeur dans l'expression de la force centrifuge et qu'on l'introduise négativement dans l'équation (L), on obtient

$$PU^2 = 2gHP + P(v^2 - v''^2) - P\frac{O^2}{O_1^2} \cdot \frac{r_1^2 - r_{\prime\prime}^2}{r_1^2} U^2.$$

Par conséquent, en résolvant cette équation par rapport à U, faisant attention que le volume d'eau étant représenté par P_1 on a

$$P_1 = OU,$$

et négligeant les autres circonstances du mouvement comme secondaires

Turbines. — Calcul de la dépense d'eau.

Nos des expériences.	HAUTEUR de chute.	VITESSE v	VITESSE v''	DÉPENSE D'EAU d'après le calcul.	DÉPENSE D'EAU d'après l'expérience.
	m	m	m	kilog	kilog
I. 1	3,552	7,163	5,172	656	651
2	3,547	6,755	4,878	646	651
3	3,560	6,447	4,655	640	651
4	3,580	6,278	4,533	638	651
5	3,580	5,969	4,310	632	651
6	3,565	5,730	4,138	626	651
7	3,555	5,502	3,973	620	639
8	3,565	5,503	3,829	617	639
9	3,580	5,044	3,642	614	639
10	3,585	4,736	3,420	609	638
11	3,621	4,367	3,154	605	638
12	3,621	4,069	2,938	601	638
13	3,650	3,731	2,694	598	638
14	3,680	3,407	2,461	596	638
15	3,703	3,084	2,227	594	651
16	3,725	2,796	2,019	593	651
17	3,730	2,671	1,928	592	651
18	3,750	2,159	1,559	589	651
				11066	11617
II. 19	3,224	7,461	5,388	1090	1209
20	3,199	6,864	4,957	1062	1137
21	3,208	6,466	4,669	1047	1152
22	3,210	6,128	4,425	1035	1120
23	3,196	5,889	4,253	1024	1120
24	3,177	5,571	4,023	1010	1120
25	3,190	5,173	3,736	998	1084
26	3,190	4,895	3,535	989	1063
27	3,207	4,497	3,251	976	1063
28	3,207	4,079	2,945	968	1063
29	3,215	3,701	2,672	959	1055
30	3,225	3,482	2,514	955	1055
31	3,265	3,233	2,335	955	1016
32	3,305	2,935	2,119	954	1016
33	3,295	2,736	1,976	950	1021
				14975	16294
III. 34	3,164	9,899	7,148	1880	1968
35	3,164	9,153	6,609	1820	1868
36	3,150	8,954	6,465	1802	1863
37	3,153	8,307	5,999	1754	1832
38	3,110	7,810	5,639	1710	1828
39	3,070	7,262	5,244	1665	1848
40	3,070	6,864	4,957	1638	1743
41	3,075	6,268	4,526	1602	1716
42	3,035	5,795	4,185	1566	1659
43	3,085	5,173	3,736	1542	1649
44	3,085	4,775	3,448	1522	1633
45	3,085	4,377	3,161	1503	1597
46	3,380	4,507	3,254	1570	1728
A reporter........				21574	22932
Report...........				21574	22932
	m	m	m		
47	3,272	3,780	2,730	1518	1599
48	3,400	3,830	2,766	1546	1599
49	3,405	3,422	2,471	1516	1599
				26154	27729
IV. 50	3,020	10,347	7,471	2368	2178
51	3,045	10,247	7,399	2362	2157
52	3,080	10,097	7,292	2355	2148
53	3,120	9,451	6,825	2297	2125
54	3,170	8,993	6,495	2263	2115
55	3,190	8,665	6,257	2236	2115
56	3,203	8,237	5,948	2200	2070
57	3,240	7,959	5,747	2183	2030
58	3,255	7,461	5,388	2143	2030
59	3,270	6,964	5,029	2106	2030
60	3,305	6,725	4,856	2095	2030
61	3,310	6,675	4,820	2088	2030
62	3,310	6,268	4,526	2062	1986
63	3,335	5,770	4,167	2032	1986
64	3,306	5,034	3,635	1977	1923
65	3,286	4,825	3,484	1915	1923
66	3,321	4,377	3,161	1942	1923
				36624	34799
V. 67	3,610	9,948	7,184	2449	2274
68	3,650	9,650	6,968	2428	2178
69	3,560	9,053	6,537	2353	2242
70	3,475	8,655	6,250	2298	2179
71	3,300	7,959	5,747	2196	2156
72	3,250	7,163	5,172	2117	2075
73	3,230	6,665	4,813	2073	2033
74	3,358	6,178	4,461	2067	2022
75	3,343	5,720	4,131	2031	1996
76	3,393	5,372	3,879	2020	1949
77	3,398	4,915	3,549	1993	1949
				24025	23053
VI. 78	3,290	9,013	6,509	2375	2640
79	3,070	8,655	6,250	2545	2640
80	3,170	8,416	6,078	2543	2555
81	3,180	7,685	5,549	2470	2555
82	3,310	6,864	4,957	2426	2555
83	3,475	6,576	4,749	2446	2640
84	3,390	6,118	4,418	2383	2558
				17188	18143
SOMME DES TOTAUX PARTIELS..				130032	131635

ou pouvant être comprises dans le coefficient de contraction, on en conclut

$$\text{(M)} \qquad P_1 = \frac{O\sqrt{2gH + \rho^2 - \rho''^2}}{\sqrt{1 + \frac{O^2}{O_1^2} \cdot \frac{r_1^2 - r_{\prime\prime}^2}{r_1^2}}}.$$

» On a donc ainsi, pour déterminer le volume d'eau dépensé, une formule d'un emploi très-facile. Il suffit, en effet, de mesurer sur le tracé les deux rayons de courbure r_1 et $r_{\prime\prime}$, et de calculer l'aire des conduits du réservoir, ce qui se fera en mesurant l'un de ces conduits, en tenant compte de l'épaisseur des cloisons, et multipliant le résultat ainsi obtenu par le nombre des conduits.

» Afin qu'on puisse examiner les résultats de cette formule, nous avons calculé la dépense d'eau de la turbine de Mülbach, soumise à l'expérience par M. le général Morin, et nous avons adopté, pour les aires contractées, les coefficients de contraction indiqués par le savant auteur des expériences, savoir : pour l'intérieur du réservoir 0,60, et pour la sortie du réservoir, selon la levée de la vanne et dans l'ordre successif des séries, les coefficients 0,90, 0,87, 0,83, 0,80, 0,80, 0,70 (MORIN, *Leçons de Mécanique*, 2ᵉ partie, p. 457-460).

» Les dimensions et données de la turbine de Mülbach sont les suivantes : rayon extérieur du réservoir $0^{m},66$; largeur des tasseaux dans le sens du rayon $0^{m},08$; rayon intérieur des tasseaux $0^{m},567$; nombre des directrices 24; distance des orifices des conduits à leur extrémité extérieure $0^{m},172$; moindre distance entre deux directrices consécutives $0^{m},065$; inclinaison des conduits sur la circonférence extérieure $34^{\circ}\,30'$; épaisseur présumée des cloisons $0^{m},02$; aires contractées des orifices de sortie du réservoir dans les six séries d'expériences et dans leur ordre naturel $0^{mq},07200$, $0^{mq},11839$, $0^{mq},18825$, $0^{mq},24192$, $0^{mq},24192$, $0^{mq},28577$. Pour obtenir les rayons de courbure, on a fait le tracé des directrices d'après le dessin de la turbine de Fraissans, de la même époque et du même constructeur, dessin donné par M. Morin dans le compte rendu de ses expériences. Ce tracé consiste à mener autant de rayons qu'il y a de directrices, puis à établir le lieu des centres de courbure sur une circonférence décrite aux deux tiers du rayon intérieur des tasseaux, et à prendre le centre de courbure sur le troisième rayon à partir du rayon de la directrice considérée. On en conclut

$$r_1 = 0^{m},30, \quad r_{\prime\prime} = 0^{m},2465, \quad O_1 = 0^{mq},35260.$$

On peut prendre le centre sur le quatrième rayon, au lieu du troisième; mais, pour l'objet qui nous occupe, cette disposition ne produit que des différences insignifiantes sur les nombres obtenus.

» Les résultats du calcul sont réunis dans le tableau ci-joint, avec les dépenses d'eau données par l'expérience. On verra que le total des chiffres du calcul ne diffère de celui des expériences que de 1,20 pour 100 en moins. »

M. J. Kudelka adresse de Linz une « Notice sur les conditions de l'achromatisme ».

(Commissaires : MM. Pouillet, Babinet, Fizeau.)

M. de Kérikuff soumet au jugement de l'Académie une Note « sur les réfractions atmosphériques ».

(Commissaires : MM. Pouillet, Regnault, Laugier, Fizeau.)

M. Bertsch adresse une Lettre relative aux réclamations dont son « Électrophore continu » a été récemment l'objet.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée, Commission qui se compose de MM. Becquerel, Pouillet, Fizeau, Edm. Becquerel.)

M. E. Jacquemin adresse de New-York une Note, accompagnée de dessins, sur un système d'aérostats dirigeables.

(Renvoi à la Commission nommée pour les questions relatives aux aérostats.)

M. Billaut adresse une Note ayant pour titre : « De l'emploi des aspirateurs dans la paracentèse ».

(Renvoi à la Section de Médecine et de Chirurgie.)

Sont également renvoyées à la Section de Médecine et de Chirurgie :

1° Une observation de *M. Fano*, sur la production d'une bourse muqueuse sous-cutanée accidentelle à la partie antérieure et supérieure du bras droit, un peu au-dessus de l'insertion humérale du deltoïde.

2° Une Note de *M. Desmartis*, « à propos de la syphilis des animaux ».

3° Une Note de *M. Pons*, ayant pour titre : « De la rage, de sa nature et de son traitement ».

CORRESPONDANCE.

M. le Bibliothécaire de l'Académie de Médecine adresse à l'Académie le tome XXVII (2e partie) des Mémoires de cette Société.

M. Tremblay écrit à l'Académie pour la prier de vouloir bien se souvenir qu'il a déjà sollicité l'honneur d'être considéré comme candidat à l'une des places vacantes dans la Section de Géographie et Navigation.

(Renvoi à la Section.)

M. Emm. Liais fait savoir à l'Académie que, sur le point de partir au Brésil pour un voyage de quelques mois, il se mettra à sa disposition pour les recherches qu'elle désirerait faire effectuer à Rio-de-Janeiro.

Cette Lettre sera communiquée à la Section d'Astronomie, et à la Section de Géographie et Navigation.

OPTIQUE. — *Sur la théorie de la dispersion de la lumière.* Mémoire de M. Renard, présenté par M. Lamé. (Extrait par l'auteur.)

« Le phénomène de la dispersion de la lumière dépend, comme on sait, de l'inégalité des indices de réfraction des rayons de différentes couleurs, et par suite d'une inégalité dans la vitesse de propagation de ces rayons dans un même milieu transparent; car, n étant l'indice de réfraction de l'un de ces rayons, ω_0 sa vitesse dans le vide, ω sa vitesse dans le milieu considéré, on a $n = \frac{\omega_0}{\omega}$. Or, d'après l'expérience, ω_0 a une valeur constante pour tous les rayons lumineux. Donc il faut que ω varie d'un rayon à un autre dans les corps transparents.

» Cauchy attribuait cette variation, et par conséquent la dispersion, aux termes négligés dans les équations différentielles du mouvement des molécules éthérées soumises à leurs actions mutuelles, et particulièrement aux termes du quatrième ordre. Mais, comme l'observe judicieusement M. Briot, l'hypothèse de Cauchy paraît présenter une difficulté insurmontable; car, si ces termes du quatrième ordre avaient, dans le milieu éthéré qui pénètre un corps transparent isotrope, une importance capable de produire l'inégalité de vitesse observée, ces mêmes termes auraient une influence pareille

dans l'éther libre. Or, le phénomène de la dispersion n'existe pas dans le vide.

» En conséquence, M. Briot cherche l'explication du phénomène dans l'influence des molécules pondérables. Cette influence peut se manifester de deux manières, soit directement par l'action qu'elles exercent sur l'éther en vibration, soit indirectement par les inégalités périodiques qu'elles produisent dans la distribution de l'éther avant la vibration. Après avoir soumis sans succès la première de ces hypothèses au calcul, il s'est adressé à la seconde, et il est arrivé à son but par une analyse savante, mais un peu longue.

» A ce travail remarquable, M. de Colnet d'Huart, professeur à l'Athénée de Luxembourg, fait une objection qui ne paraît pas sans fondement. M. Briot suppose, dans ses calculs du moins, que les molécules pondérables restent immobiles pendant que l'éther vibre. Or, c'est là une hypothèse contraire à l'expérience; car, si les vibrations lumineuses sont assez intenses pour produire des combinaisons chimiques, elles ne peuvent être sans action pour déplacer les molécules. Partant, le savant physicien cherche une autre explication. Il croit la trouver dans le mouvement rotatoire qui accompagne toujours les vibrations transversales. Pour lui, le mouvement vibratoire de l'éther, arrivant à la surface d'un corps transparent ou diathermane, se transmet à travers ce corps, non par l'intermédiaire des molécules du fluide éthéré interposé dans le corps, mais par les vibrations des molécules mêmes du corps.

» A cette théorie, on peut faire la même objection que celle qui est adressée par M. Briot à la théorie de Cauchy. Si la rotation des molécules dans un milieu isotrope pondérable produit le phénomène de la dispersion, pourquoi ne le produit-elle pas dans l'éther libre? J'ai cru pouvoir éviter toutes ces difficultés en attribuant, comme M. Briot en a eu l'idée d'abord, le phénomène de la dispersion à l'action directe des molécules pondérables sur celles de l'éther en vibration, mais en ne supposant pas comme lui ces molécules pondérables tout à fait immobiles. J'admets que, lors du passage de la lumière dans les corps transparents ou de la chaleur dans les corps diathermanes, la communication du mouvement est, non pas complétement nulle, mais peu sensible, et que, les déplacements une fois effectués, le corps reste dans un état d'équilibre pendant toute la durée du mouvement de l'éther. En partant de cette idée, et faisant usage des équations différentielles des mouvements infiniment petits de deux systèmes homogènes de molécules qui se pénètrent mutuellement, telles que Cauchy les a

établies, j'arrive simplement à l'explication du phénomène de la dispersion. J'espère même arriver, par la même voie, à l'explication de plusieurs autres phénomènes de chaleur, de lumière et d'électricité. »

CHIMIE. — *Sur quelques combinaisons du silicium et sur les analogies de cet élément avec le carbone*. Note de **MM. C. Friedel** et **A. Ladenburg**, présentée par M. Balard.

« Dans une série de Mémoires dont les deux premiers ont été publiés en commun avec M. Buff, M. Wœhler a fait connaître plusieurs composés nouveaux du silicium, remarquables par leurs propriétés et formant une classe à part parmi les combinaisons de cet élément (1). Ces corps prennent naissance dans diverses circonstances, dont l'une des plus intéressantes est l'action de l'acide chlorhydrique gazeux sur le silicium cristallisé, à une température inférieure au rouge sombre. Le produit obtenu dans cette réaction est un liquide très-volatil, dont la vapeur brûle à l'air au contact d'un corps en ignition, et qui est décomposé par l'eau, avec formation d'une matière blanche, assez différente d'aspect de la silice et renfermant moins d'oxygène qu'elle.

» M. Wœhler lui a attribué la formule $Si^2Cl^3 + 2HCl$ ($Si = 21$) ou $Si^6Cl^{10}H^4$ ($Si = 14$), tout en faisant observer que le corps analysé n'était probablement pas tout à fait pur, mais encore mélangé d'une certaine proportion de chlorure de silicium, corps qui se forme toujours en même temps que le chlorure inflammable. Cette incertitude existait non-seulement pour le composé précédent, mais encore pour tous les corps qui s'y rattachent, et l'illustre chimiste de Gœttingen, en terminant son Mémoire, faisait appel aux expérimentateurs ayant plus de loisir, pour résoudre la question intéressante de leur constitution.

» Frappés à la fois par les propriétés de ces corps et par le poids atomique considérable qu'on était obligé de leur attribuer, nous nous sommes proposé de les étudier, en commençant par le chlorure inflammable, dont la volatilité semblait exclure une complication moléculaire aussi grande.

» D'après son mode de formation, nous avons pensé qu'il pourrait être un dérivé du chlorure de silicium, formé par substitution d'un atome d'hydrogène à un atome de chlore. Il nous avait semblé aussi que, si ce chlorure

---

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CIII, p. 318; t. CIV, p. 94; t. CVII, p. 112; t. CXXVII, p. 257.

était trop difficile à isoler du chlorure de silicium, il serait peut-être possible de le transformer en un dérivé éthéré et de séparer ensuite, par distillation fractionnée, cet éther, dont la constitution pourrait suffire pour déterminer celle du chlorure.

» *Chlorure.* — Ces prévisions se sont réalisées, et au delà, car nous avons réussi, après avoir préparé une quantité assez considérable de chlorure brut, à isoler le chlorure inflammable lui-même à l'état de pureté. Nous y sommes parvenus par une série de distillations fractionnées réitérées, qui ont abaissé le point d'ébullition jusqu'à 34 degrés au lieu de 42, température qui avait été indiquée par MM. Wœhler et Buff. Le produit ainsi purifié, et recueilli entre 34 degrés et 37°,5, présente toutes les propriétés si bien décrites par ces savants. La vapeur, mélangée avec l'air, détone au contact d'un objet en ignition et donne une fumée blanche de silice. L'eau le décompose instantanément en fournissant un produit blanc, qui lui-même se détruit lentement au contact de l'eau avec dégagement d'hydrogène et production de silice.

» L'analyse nous a donné, pour le chlore et pour le silicium, des nombres s'accordant avec la formule $SiCl^3H$ (1). Cette formule est confirmée par la densité de la vapeur, que nous avons trouvée égale à 4,64. La théorie exige 4,69.

» Le chlore réagit, à la température ordinaire, sur le chlorure inflammable et le transforme en chlorure de silicium. Nous avons constaté aussi qu'inversement l'hydrogène réagit au rouge sur le chlorure de silicium et donne un petite quantité du chlorure inflammable.

» Le brome n'agit pas sur ce dernier à la température ordinaire; mais le mélange se décolore lorsqu'on le chauffe en vase clos à 100 degrés; il se forme sans doute un bromochlorure de silicium $SiCl^3Br$.

» *Composé éthéré.* — En faisant réagir le chlorure $SiCl^3H$ sur l'alcool absolu, purifié encore par une digestion prolongée, à 100 degrés en vase clos, avec du silicate d'éthyle, et par une distillation, nous avons vu se produire les phénomènes que l'on remarque dans la préparation des éthers siliciques. On a versé lentement, à l'aide d'un entonnoir à robinet, l'alcool absolu dans le chlorure; il s'est dégagé beaucoup d'acide chlorhydrique. A la distillation, on n'a recueilli, avant 140 degrés, qu'une petite quantité d'alcool employée en excès. A partir de cette température, on a fractionné les produits, le chlorure qui avait été employé n'étant pas exempt de chlorure de

---

(1) Si = 28.

silicium. Au-dessus de 170 degrés, il n'est resté dans le matras qu'une portion insignifiante du produit. Après quatre ou cinq fractionnements méthodiques, on a isolé un liquide bouillant entre 134 et 137 degrés et un autre bouillant à 165 degrés. Ce dernier était du silicate d'éthyle; l'autre était l'éther cherché. Il a donné à l'analyse, pour le silicium, le carbone et l'hydrogène, des nombres répondant à la formule $SiC^6H^{16}O^3$ ou $\left.\begin{matrix}(SiH)''' \\ (C^2H^5)^3\end{matrix}\right\} O^3$.

» Ce corps est au chlorure inflammable ce que le silicate d'éthyle est au chlorure de silicium.

» C'est un liquide limpide d'une odeur agréable, rappelant celle de l'éther silicique, insoluble dans l'eau, mais décomposable à la longue par l'humidité. Il ne diffère de l'éther silicique que par la plus grande inflammabilité de sa vapeur et par sa propriété de dégager de l'hydrogène lorsqu'on le mélange avec une solution alcoolique d'ammoniaque.

» Il donne lieu en outre à une réaction curieuse. Lorsqu'on y jette un fragment de sodium, on voit d'abord se produire un léger dégagement gazeux, dû probablement à l'action du sodium sur la petite quantité d'alcool que la décomposition de l'éther par l'humidité a pu mettre en liberté. Quand cette première action a cessé, si l'on chauffe doucement, on voit commencer le dégagement régulier d'un gaz qui n'est autre chose que l'hydrogène silicé.

» *Hydrogène silicé.* — En perdant les premières portions du gaz, on obtient l'hydrogène silicé à l'état de pureté, ce qui n'avait encore pu se faire avec les anciens procédés de préparation, qui le fournissent toujours mélangé d'hydrogène. Nous l'avons analysé en mesurant dans une cloche, sur le mercure, quelques centimètres cubes du gaz, et en faisant passer ensuite dans la cloche une petite quantité d'une solution de potasse. On voit aussitôt un dégagement d'hydrogène se produire; au bout d'un certain temps, le volume gazeux est devenu égal au quadruple du volume primitif, et il ne reste plus dans l'éprouvette qu'un gaz brûlant avec une flamme pâle.

» La potasse, en oxydant le silicium et en lui abandonnant O^2 pour former SiO^2, laisse dégager $4H = 4$ volumes. Pour que les 2 volumes du gaz employé augmentent jusqu'à 8 volumes, il faut que ces 2 volumes aient renfermé 4 volumes d'hydrogène. Il résulte de là que l'hydrogène silicé a pour formule $SiH^4 = 2$ volumes. Si sa formule était SiH^2, le volume gazeux aurait dû tripler seulement.

» En même temps que l'hydrogène silicé, il se forme du silicate d'éthyle; c'est même le seul produit que nous ayons pu trouver dans le tube, après

la réaction. Le sodium reste blanc et métallique, quoique recouvert parfois par places d'un léger dépôt noir.

» La réaction paraît donc pouvoir s'exprimer, sans que nous sachions d'ailleurs encore comment l'expliquer, par l'équation

$$4\,SiH(C^2H^5O)^3 = SiH^4 + 3\,Si(C^2H^5O)^4.$$

» L'hydrogène silicé que nous avons obtenu n'est pas spontanément inflammable à l'air, du moins à la température et sous la pression auxquelles nous avons opéré. Toutefois, le gaz recueilli dans une éprouvette dans laquelle restait une colonne de mercure assez élevée pour diminuer sensiblement la pression, s'est allumé au contact d'une bulle d'air, et a donné un dépôt de silicium amorphe brun, mélangé de silice. L'hydrogène silicé paraît se comporter en cela à la façon de l'hydrogène phosphoré. C'est ce qui expliquerait pourquoi l'hydrogène silicé est tantôt spontanément inflammable, tantôt ne l'est pas, et même pourquoi le gaz impur et mélangé d'hydrogène paraît être plus inflammable que le gaz pur.

» Lorsqu'on approche des bulles de gaz qui se dégagent à la surface du mercure une lame de couteau chauffée, le mélange d'air et d'hydrogène silicé détone vivement et donne un dépôt de silice mélangé de silicium.

» *Corps oxygéné.* — Il nous reste à parler d'un dernier corps, c'est celui qui se produit par l'action du chlorure $SiCl^3H$ sur l'eau à zéro. Nous en avons préparé une certaine quantité avec du chlorure pur, et, d'après nos analyses et d'après deux de celles faites par M. Wœhler, nous pensons que la composition de ce corps peut être exprimée par la formule $Si^2H^2O^3$. En admettant cette formule, la production du corps en question est facile à comprendre; de même que $SiCl^4$ décompose l'eau en échangeant $4\,Cl$ contre O^2, $SiCl^3H$ échangerait Cl^3 contre $\frac{3}{2}O$ pour produire le composé

$$\left.\begin{matrix} SiHO \\ SiHO \end{matrix}\right\} O.$$

» *Conclusions.* — M. Wœhler a déjà émis l'idée que la série de corps qu'il a fait connaître peut être considérée comme constituée à la manière des corps organiques, le silicium y jouant le rôle du carbone. Ce point de vue est mis en évidence de la manière la plus claire, il nous semble, par les résultats de ce travail. Les formules auxquelles nous sommes arrivés nous conduisent naturellement à rapprocher : le chlorure $SiCl^3H$ du chloroforme CCl^3H; l'éther $SiH(C^2H^5O)^3$ de l'éther formique tribasique de MM. Williamson et Kay $CH(C^2H^5O)^3$; l'hydrogène silicé SiH^4 de l'hydrure

de méthyle CH^4; le corps $Si^2H^2O^3$ de l'anhydride formique $C^2H^2O^3$, si ce corps existait.

» Ces comparaisons peuvent même fournir une nomenclature commode pour toute la série des corps en question. Il suffirait de faire précéder le nom de leur analogue dans la série du carbone du mot *silici*. On aurait ainsi le *silicichloroforme*, l'*éther siliciformique tribasique*, l'*anhydride siliciformique*, etc. La nomenclature pourrait s'étendre facilement, des corps appartenant au groupe méthylique du silicium, si l'on peut s'exprimer ainsi, aux groupes plus élevés, dont il est permis peut-être, maintenant, de prévoir l'existence.

» Quoi qu'il en soit, ces faits font ressortir une fois de plus l'analogie frappante qui existe entre le silicium et le carbone, et fournissent de nouvelles preuves en faveur de la tétratomicité du silicium. »

CHIMIE. — *Sur un dérivé bromé de l'acide phosphoreux.* Note de **M. O. Ordinaire**, présentée par M. Balard.

« L'acide phosphoreux contenant 3 atomes d'hydrogène, dont 2 seulement ont été jusqu'à ce jour remplacés par des radicaux métalliques, M. Lieben propose de lui donner la formule $\left\{ \begin{matrix} P\theta H \\ H^2 \end{matrix} \right\} \theta^2$. M. Raillon, il est vrai, a réussi à substituer aux 3 atomes d'hydrogène 3 atomes d'éthyle, mais on peut supposer que le corps qu'il a ainsi obtenu possède la formule $\left\{ \begin{matrix} P(C^2H^5)\theta \\ (C^2H^5) \end{matrix} \right\} O^2$. Pour éclaircir cette question, je me suis proposé d'essayer, par les méthodes généralement employées en chimie organique, si l'atome d'hydrogène dont le rôle est incertain n'était pas remplaçable par un corps électro-négatif tel que le chlore, le brome ou l'iode.

» J'ai fait réagir, dans des tubes scellés à la lampe et chauffés au bain-marie, 2 molécules de brome sur 1 molécule d'acide phosphoreux. Ces tubes, ouverts au bout de dix minutes, étaient déjà soumis à une forte pression et ont donné lieu à un dégagement considérable d'acide bromhydrique. Je les ai refermés et plongés de nouveau dans le bain. Répétant cette opération de quart d'heure en quart d'heure, jusqu'à ce que la pression eût disparu, j'ai constaté, à mesure qu'elle diminuait, la formation d'un corps nouveau, cristallisant en aiguilles. Ce corps est très-déliquescent, il est insoluble dans l'éther; j'ai lieu de croire que c'est l'acide phosphoreux monobromé.

» Une réaction analogue se produit quand on fait passer un courant de

chlore sec dans de l'acide phosphoreux, chauffé au bain-marie. J'ai observé dans ce cas un dégagement d'acide chlorhydrique, comme dans le premier j'avais observé un dégagement d'acide bromhydrique. On pourrait supposer que ces acides proviennent d'une réaction exprimée par la formule

$$4\left(\begin{matrix}P\\H^3\end{matrix}\Big\}\Theta^3\right)+6\,Cl=3\left(\begin{matrix}P\Theta\\H^3\end{matrix}\Big\}\Theta^3\right)+PCl^3+3\,HCl.$$

Il n'en est rien, et en voici la preuve. S'il s'était produit du chlorure de phosphore par l'action du chlore sur l'acide phosphoreux, il aurait distillé avec l'acide chlorhydrique; et comme j'ai recueilli dans l'eau les produits de la distillation, le chlorure de phosphore, réagissant sur ce liquide, aurait régénéré de l'acide phosphoreux qui, sous l'influence du chlore en excès, se serait transformé lui-même en acide phosphorique facile à reconnaître. Or, dans mon expérience, je n'en ai trouvé aucune trace.

» J'ai fait en outre l'analyse : les résultats qu'elle m'a donnés se rapprochent de ceux qu'indique la théorie. Je n'ose cependant affirmer d'une façon absolue que le corps nouveau soit l'acide phosphoreux monobromé, et je me propose d'étudier les sels qu'il peut former, afin d'en déterminer plus promptement la nature.

» J'ai déjà entrevu qu'il se dédouble, sous l'influence de l'eau, par l'ébullition, en un nouvel acide gélatineux, qui ne possède ni les propriétés de l'acide phosphorique, ni celles de l'acide phosphoreux.

» Mon intention est, en outre, d'étendre mes études sur les substitutions de l'hydrogène par les corps électro-négatifs, aux autres acides du phosphore, et particulièrement à l'acide hypophosphoreux. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le couple à gaz de* M. Grove. Note de **M. J.-M. Gaugain**, présentée par M. Foucault.

« Tous les physiciens connaissent le couple à gaz de M. Grove et la théorie qu'il en a donnée. Cette théorie est généralement admise aujourd'hui, et probablement il y a peu de personnes qui se souviennent encore des objections qui lui ont été opposées dans le temps par divers savants, et notamment par M. Schœnbein. J'ai été conduit par d'autres études à revenir sur ce sujet, et, bien que je ne connusse pas d'avance le travail de M. Schœnbein, je suis arrivé presque aux mêmes conclusions que lui.

» Je me suis servi d'une méthode d'investigation toute différente de celles qui ont été employées jusqu'à présent : je n'ai opéré que sur un seul couple

à la fois, et, au lieu de mesurer l'intensité du courant mis en circulation, j'ai mesuré directement, par la *méthode de l'opposition,* la force électromotrice développée; de cette manière, j'ai pu apprécier numériquement l'influence des modifications que j'ai successivement introduites dans la disposition du couple.

» M. Grove suppose qu'il est indispensable que chacune des électrodes en platine de son couple à gaz soit simultanément en contact avec l'un des gaz et avec le liquide placé au-dessous. Pour reconnaître s'il en est réellement ainsi, j'ai fait les déterminations qui suivent. J'ai mesuré d'abord la force électromotrice d'un couple dans lequel chacun des fils de platine touchait à la fois le liquide et l'un des gaz, comme l'indique M. Grove; puis j'ai abaissé les fils de platine de manière à les immerger complétement et à supprimer tout contact du métal avec les gaz, et j'ai de nouveau mesuré la force électromotrice : elle a été exactement la même dans les deux cas. Il résulte de cette observation que l'action du platine ne s'exerce que sur les gaz déjà dissous, et que les cloches à gaz ne doivent être considérées que comme des réservoirs destinés à maintenir à l'état de saturation les solutions qu'elles recouvrent.

» Je crois pouvoir expliquer d'ailleurs comment M. Grove est arrivé à un résultat tout opposé. Dans le mode d'observation que j'ai adopté, le couple sur lequel j'opère n'est mis en activité que pendant une fraction de seconde : dans un temps aussi court, les solutions gazeuses qui baignent les fils de platine ne peuvent pas se modifier sensiblement. Il n'en est plus ainsi quand on laisse circuler le courant pendant des jours entiers, comme l'a fait M. Grove. Alors, les couches liquides qui enveloppent les fils de platine se trouvent incessamment dépouillées du gaz qu'elles contiennent, et doivent en emprunter de nouvelles quantités aux réservoirs placés au-dessus; dès lors, les gaz qui se dissolvent exclusivement à la surface supérieure du liquide doivent arriver d'autant plus aisément aux fils de platine, que ceux-ci sont plus près de la surface.

» La force électromotrice du couple à gaz varie singulièrement avec l'état des fils de platine dont on se sert. Conformément à une observation ancienne de M. Matteucci, on exalte l'action des fils de platine en les faisant chauffer dans la flamme d'une lampe à alcool, quelques instants avant de les employer comme électrodes. Dans les conditions les plus favorables, la force électromotrice du couple à gaz construit avec des fils de platine non platinés ne dépasse guère 155. Je prends pour unité la force électro-

motrice du couple $\frac{\mathrm{Bi} - \mathrm{Cu}}{0^\circ - 100^\circ}$, c'est-à-dire celle d'un couple thermo-électrique bismuth et cuivre, dont les deux soudures sont maintenues l'une à zéro, l'autre à 100 degrés. Comme je l'ai fait remarquer il y a longtemps, la force électromotrice du couple $\frac{\mathrm{Bi} - \mathrm{Cu}}{0^\circ - 100^\circ}$ varie d'un élément à un autre, même lorsqu'on emploie des métaux purs, et par conséquent les nombres que je citerai ne sont pas comparables avec ceux que M. J. Regnauld a obtenus, en se servant d'une batterie thermo-électrique autre que la mienne.

» J'ai constaté que l'on ne modifie aucunement la force électromotrice du couple à gaz lorsqu'on remplace la cloche à oxygène par une cloche remplie d'acide carbonique, ou bien par une cloche qui ne contient que de l'eau privée de gaz. J'ai constaté également que le couple formé par l'association d'un fil de platine plongé dans une dissolution d'oxygène et d'un fil de platine immergé dans de l'eau dépourvue de gaz ne développe aucun courant. M. Schœnbein avait observé ces derniers faits dès l'année 1843, et il en a conclu que, dans le couple à gaz de M. Grove, l'oxygène ne sert qu'à dépolariser le fil positif. J'adopte complétement cette interprétation, et je crois que le rôle de l'oxygène, dans la pile à gaz, est celui du sulfate de cuivre dans la pile de Daniell.

» La force électromotrice du couple de Daniell $\frac{\mathrm{Zn} - \mathrm{Cu}}{\text{eau acidulée} - \text{sulfate de Cu}}$ est représentée par 193, celle du couple de Volta $\frac{\mathrm{Zn} - \mathrm{Cu}}{\text{eau acidulée}}$ par 178, lorsque les deux couples sont pris à l'état de repos; mais si on les met en activité, en réunissant les pôles de chacun d'eux au moyen d'un conducteur de très-faible résistance, on trouve, au bout de quelques minutes, que la force électromotrice du couple de Volta tombe au-dessous de 70, tandis que le couple de Daniell conserve à peu près sa force électromotrice initiale. Ces faits sont, je crois, interprétés par tout le monde de la même manière : la somme algébrique des forces électromotrices mises en jeu est à peu près la même au début, dans le couple de Volta et dans le couple de Daniell; mais, sous l'influence du courant, la polarisation du cuivre développe dans le couple de Volta une force négative considérable, qui diminue la somme algébrique des forces du couple, tandis que, dans le couple de Daniell, le sulfate de cuivre s'oppose à cette polarisation : de même, dans le couple de Grove, l'oxygène sert uniquement à dépolariser le fil positif.

» Il faut remarquer, toutefois, que l'action de l'oxygène dans le couple à gaz est loin d'être aussi efficace que celle du sulfate de cuivre dans le

couple de Daniell. Lorsqu'on met en activité un couple à gaz de Grove, en réunissant ses deux pôles au moyen d'un fil de cuivre gros et court, la force électromotrice s'abaisse très-rapidement, même quand le couple est disposé de la manière que M. Grove a indiquée. J'ai trouvé, dans une expérience, que cette force tombait en quelques minutes de 152 à 30. Pour constater ce fait, il est nécessaire de mesurer la force électromotrice du couple qui a été mis en activité au moment même où l'on supprime la communication établie entre ses pôles au moyen du fil court. Quelques instants de repos suffisent pour rendre au couple épuisé toute son énergie.

» J'ai cherché dans quelle proportion chacune des électrodes contribuait à l'affaiblissement que le couple subit, dans les conditions que je viens d'indiquer. J'ai trouvé que la force électromotrice mise en jeu par le fil immergé dans l'hydrogène s'abaissait de 26 seulement, et que la force antagoniste développée par le fil plongé dans l'oxygène était égale à 96.

» En résumé, il me paraît établi que la force électromotrice mise en jeu dans le couple de M. Grove provient exclusivement, ou presque exclusivement, de l'affinité qui s'exerce entre l'oxygène de l'eau et l'hydrogène condensé par le platine. »

ÉLECTRICITÉ. — *Expériences d'induction.* Note de **M. L. Daniel**, présentée par M. Foucault.

« I. Je remplace les armatures mobiles de l'électro-aimant de Faraday par deux plaques épaisses de fer doux, verticales, assez hautes pour que leurs extrémités, qui se trouvent sur un même plan horizontal, dépassent un peu les deux bobines. Sur ces deux plaques, convenablement espacées, j'en place une troisième, de même épaisseur que les deux premières, et fixée à l'extrémité d'une barre de fer de 1 mètre de longueur. Je fais passer dans l'électro-aimant ainsi disposé le courant d'une pile de quatre éléments de Bunsen. Dans le circuit est intercalé un fil de platine; j'en règle la longueur de telle sorte qu'il arrive au *rouge sombre*. Malgré cette résistance, le contact est fortement attiré. Si l'on arrache le contact, en exerçant à l'extrémité du levier qui le porte un effort suffisant, le fil de platine passe au *rouge blanc*. Il n'est pas douteux qu'en employant un plus grand nombre d'éléments et un levier plus long, on ne parvienne à fondre le fil de platine.

» Si l'on rapproche brusquement le contact des pôles de l'électro-aimant, le fil de platine devient complétement *sombre*.

» Ces expériences peuvent être faites au moyen d'un électro-aimant ordinaire, pourvu qu'il n'offre pas une trop grande résistance.

» II. Je remplace l'électro-aimant de Faraday par une bobine, et j'introduis dans cette bobine un cylindre de fer, ou un faisceau cylindrique de fils de fer, que j'enlève ensuite rapidement. Le fil de platine, qui s'était d'abord refroidi pendant le mouvement descendant, s'échauffe pendant le mouvement ascendant, et *rougit* fortement.

» Un voltamètre intercalé dans le circuit, à la place du fil de platine, accuse un dégagement de gaz moins abondant quand l'aimantation du cylindre de fer se produit, plus abondant quand elle cesse.

» L'explication de ces phénomènes est très-simple : au moment où se produit l'aimantation, un courant d'induction se développe dans le courant *excitateur* de l'électro-aimant, et il est *inverse;* quand l'aimantation cesse, un autre courant d'induction, mais *direct,* parcourt le même courant excitateur qui, dans les deux cas, est toujours fermé.

» Le but que je me propose, en publiant cette Note, est d'ajouter une expérience simple, facile à reproduire, aux nombreuses expériences par lesquelles on établit que *tout travail dépense de la chaleur*, et qu'*inversement tout travail peut se convertir en chaleur*.

» Pour enlever le contact de l'électro-aimant ou le cylindre de fer de la bobine, il me faut vaincre la résistance qui s'oppose à leur mouvement ; je dépense alors un certain travail : le fil de platine, en rougissant plus fortement, accuse une production de chaleur dans tout le circuit interpolaire. Cette expérience rappelle celle de M. Foucault (expérience d'un disque ou cylindre de cuivre tournant entre les pôles d'un électro-aimant en activité). Si, au contraire, j'introduis le cylindre dans la bobine, si je rapproche des armatures de l'électro-aimant le contact de fer doux, le courant produit un *travail extérieur :* le fil conjonctif des pôles se *refroidit.* »

CHIMIE. — *De l'action du chlorure de soufre sur les métaux et sur leurs sulfures; par* **M. E. Baudrimont.**

« Lorsque, au mois de décembre 1866, M. Chevrier publia dans les *Comptes rendus* plusieurs réactions nouvelles offertes par le chlorure de soufre, j'entreprenais moi-même quelques recherches du même genre : je les communiquai à la Société de Pharmacie de Paris dans sa séance du 6 février dernier. Une nouvelle publication faite il y a huit jours, par

M. Chevrier, me décide à adresser à l'Académie les résultats que j'avais précédemment obtenus, en déclarant qu'il n'y a ici aucune réclamation de ma part, mais seulement l'effet d'une concordance dans nos travaux.

» Voici les faits soumis à la Société de Pharmacie :

» L'*antimoine métallique* en poudre réagit énergiquement sur le chlorure de soufre S^2Cl; la réaction se développe d'elle-même, et, lorsque l'on opère sur 1 équivalent de métal pour 3 équivalents de l'autre corps, il ne se produit que du chlorure d'antimoine et du soufre, comme M. Chevrier l'a reconnu de son côté :

$$Sb + 3(S^2Cl) = SbCl^3 + 6S.$$

Mais l'énergie d'action du chlorure de soufre est si grande, qu'elle s'exerce également sur le sulfure d'antimoine SbS^3. Celui-ci, réduit en poudre et mis en contact avec S^2Cl, est fortement attaqué par ce dernier; il y a ébullition, et le chlorure d'antimoine formé passe de lui-même à la distillation. Le résidu est uniquement composé de soufre :

$$SbS^3 + 3(S^2Cl) = SbCl^3 + 9S.$$

» L'*orpiment* ou sulfure jaune d'arsenic est encore plus vivement attaqué que le précédent : il y a liquéfaction complète des produits, par l'élévation de température résultant de la réaction. On a de même

$$AsS^3 + 3(S^2Cl) = AsCl^3 + 9S.$$

» L'étain, chauffé très-légèrement avec S^2Cl, produit, comme l'antimoine, une forte élévation de température : il se dégage du bichlorure d'étain anhydre et il reste du soufre.

» L'*or mussif* ou bisulfure d'étain ne présente qu'une réaction peu énergique au contact de S^2Cl, encore faut-il que la chaleur lui vienne en aide.

» L'aluminium en feuilles introduit dans le chlorure de soufre en détermine violemment la décomposition, sous l'influence d'une faible chaleur; il en résulte un liquide d'un rouge brunâtre, qui distille spontanément et qui imprègne de sa couleur des cristaux qui se forment en même temps que lui, cristaux qui, plus tard, deviennent blancs. Il paraît se produire ici une combinaison entre S^2Cl et le chlorure d'aluminium, combinaison que je me propose d'étudier bientôt.

» Le mercure est attaqué à chaud par le chlorure de soufre, mais la réaction est peu énergique; elle donne lieu à du soufre et à du calomel ou à du sublimé corrosif, selon les proportions du métal.

» Le sulfure de mercure se comporte comme ce dernier, seulement l'action est beaucoup moins accentuée.

» En présence du chlorure de soufre bouillant, le fer réduit par l'hydrogène se transforme lentement en sesquichlorure. Le zinc offre, dans les mêmes circonstances, une réaction peu prononcée. Enfin, le chlorure de soufre n'agit ni sur le magnésium, ni sur le sodium métalliques : on peut faire bouillir ce liquide sur ces deux métaux sans qu'il résulte un effet sensible, et le sodium en sort inaltéré, même après vingt-quatre heures de contact.

» En résumé :

« Les métaux sont attaqués d'autant plus facilement par le chlorure de » soufre que leurs chlorures sont plus volatils. Il en est de même des sul- » fures métalliques correspondants. Dans cette réaction, le soufre se dépose » des deux parts. Quant aux métaux à chlorures fixes, ils ne sont pas sen- » siblement atteints par le chlorure de soufre, ce qui est remarquable, sur- » tout pour le sodium. »

M. de Jonquières sollicite l'autorisation de retirer un Mémoire ayant pour titre : « Essai d'une théorie générale des séries de courbes, etc. », Mémoire adressé par lui en deux parties, en juillet et août 1866.

M. de Jonquières est autorisé à faire prendre une copie de ce Mémoire, dont l'original doit rester au Secrétariat.

M. Préterre, en réponse à la communication récente de *M. Hermann*, sur les dangers que présenterait le protoxyde d'azote employé comme anesthésique, prie les Membres de la Commission nommée pour l'examen de cette question de lui faire l'honneur d'assister à ses expériences.

La Lettre de M. Préterre sera transmise à la Commission.

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart. É. D. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 25 février 1867, les ouvrages dont les titres suivent :

Éléments de Botanique; par M. P. DUCHARTRE, Membre de l'Institut. 2e partie. Paris, 1867; in-8° avec figures.

Paléontologie française, ou Description des animaux invertébrés fossiles de la France. Terrain crétacé. 22e livraison, t. VIII. Paris, sans date; in-8° avec planches. (Présenté par M. d'Archiac.)

Le choléra d'après les neuf épidémies qui ont régné à Alger depuis 1835 *jusqu'en* 1865; *par* MM. A. VINCENT et V. COLLARDOT. Paris, 1867; in-8°. (Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

Recherches expérimentales et thérapeutiques sur la carie dentaire; par M. E. MAGITOT. Paris, 1866; in-8°. (Présenté par M. Ch. Robin. Renvoyé au concours de Médecine et Chirurgie 1867.)

Recherches sur la scille maritime et le nom hiéroglyphique des médecins de l'île de Cos; par M. le chevalier DE PARAVEY. Roanne, sans date; 2 pages in-8°.

Mémoires de l'Académie impériale de Médecine, t. XXVII, 2e partie. Paris, 1866; in-4°.

Cause universelle du mouvement et de l'état de la matière; par M. P. TRÉMAUX. Châlon-sur-Saône, sans date; br. in-8°.

Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou, publié sous la direction du Dr RENARD. T. XXXVIII, année 1865, n° 2. Moscou, 1865; in-8° avec 6 planches.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine de Belgique, année 1866, 2e série, t. IX, n° 11. Bruxelles, 1866; in-8°.

The antidotal... *Traitement antidotal du choléra épidémique, avec instructions générales et particulières pour prévenir cette maladie; par* M. J. PARKIN, 3e édition. Londres, 1866; 1 vol. in-8° relié.

Riposta documentatata... *Réponse avec preuves à l'appui du professeur* F. ZANTEDESCHI *à l'article du* P. Secchi *d'octobre* 1866 *sur les présages des météores et des bourrasques, avec documents historiques.* Padoue, 1866; br. in-8°.

Della riduzione... *La réduction non sanglante des hernies inguino-crurales étranglées; par* M. J.-B. BORELLI. 2ᵉ édition. Turin, 1866; in-8°. (Présenté par M. Velpeau.)

Monografia... *Monographie des éléphants fossiles de Sicile; par* MM. F. ANCA, Baron DE MANGALAVITE et G.-G. GEMMELLARO. Palerme, 1867; in-4° avec planches.